С. С. Маглыш   А. Я. Карэўскі

БІЯЛОГІЯ

Вучэбны дапаможнік для 11 класа
ўстаноў агульнай сярэдняй адукацыі
з беларускай мовай навучання

Пад рэдакцыяй С. С. Маглыш

Дапушчана
Міністэрствам адукацыі
Рэспублікі Беларусь

2-е выданне, выпраўленае і дапоўненае

Мінск «Народная асвета» 2016

УДК 57(075.3=161.3)
ББК 28.0я721
М38

Пераклад з рускай мовы *В. К. Раманцэвіч*

Аўтары:
С. С. Маглыш («Ад аўтараў», § 1—23, § 28—35, «*Дадаткі А, Б, В*», «Слоўнік асноўных тэрмінаў і паняццяў»); *А. Я. Карэўскі* (§ 24—27, § 36—52, «Слоўнік асноўных тэрмінаў і паняццяў»)

Рэцэнзент
намеснік дырэктара па вучэбнай рабоце, настаўнік біялогіі вышэйшай катэгорыі дзяржаўнай установы адукацыі «Сярэдняя школа № 160 г. Мінска» *Н. К. Калян*

ISBN 978-985-03-2522-8

Ад аўтараў

Дарагія сябры! Вы пачынаеце вывучаць завяршальны раздзел школьнага курса біялогіі, вельмі важнага для фарміравання правільнага і цэласнага ўяўлення пра існаванне жыцця на Зямлі.

У межах дадзенага курса вам неабходна будзе атрымаць асновы экалагічных ведаў. Яны дапамогуць вам зразумець законы існавання жывой прыроды на розных узроўнях яе арганізацыі.

На канкрэтных прыкладах вы зможаце пазнаёміцца з экалагічнымі вынікамі гаспадарчай дзейнасці чалавека, многія з якіх у цяперашні час з'яўляюцца глабальнымі экалагічнымі праблемамі. Вырашаць гэтыя праблемы давядзецца цяперашняму і будучым пакаленням людзей, а значыць, і вам. Ведаючы і выконваючы законы прыроды, чалавек зможа захаваць раўнавагу ў біясферы і забяспечыць нашчадкам будучыню.

Матэрыял вучэбнага дапаможніка складаецца з сямі раздзелаў. Перад кожным раздзелам прыведзены яго кароткі змест. Раздзелы падзелены на параграфы. У тэкстах параграфаў **паўтлустым прамым** шрыфтам выдзяляюцца ключавыя пытанні, якія вывучаюцца, ***паўтлустым курсівам*** — галоўныя паняцці і іх азначэнні. Дробным шрыфтам даецца дадатковы матэрыял, які дазваляе пашырыць і паглыбіць веды. Ён абазначаецца знакам .

Пасля асноўнага тэксту параграфа на каляровай плашцы падаецца галоўная інфармацыя па вывучаемым матэрыяле (вывады), на якую неабходна звярнуць асаблівую ўвагу і запомніць яе. Да гэтага заклікае знак ! (звярніце ўвагу — гэта важна!).

У канцы кожнага параграфа дадзены пытанні і заданні, перад якімі стаіць знак ?. Яны дапамогуць высветліць, наколькі поўна вы засвоілі вывучаемы матэрыял, ці зможаце вы выкарыстаць яго для рашэння якіх-небудзь канкрэтных задач.

У кнізе ёсць шмат ілюстрацый, якія дадуць вам магчымасць суадносіць вывучаемы тэарэтычны матэрыял з канкрэтнымі аб'ектамі або з'явамі прыроды.

У канцы вучэбнага дапаможніка даецца Слоўнік асноўных тэрмінаў і паняццяў, а таксама ***Дадаткі А, Б, В*** з прыкладамі рашэння задач розных узроўняў цяжкасці на складанне і аналіз ланцугоў харчавання, ператварэнне рэчыва і энергіі ў ланцугу харчавання, на правіла 10 % і на балансавую роўнасць у экасістэме. Гэта дапаможа вам засвоіць методыку рашэння экалагічных задач.

Спадзяёмся, што дадзены вучэбны дапаможнік акажа вам неацэнную дапамогу пры вывучэнні адной з цікавейшых навук — біялогіі, дапаможа добра падрыхтавацца да цэнтралізаванага тэсціравання.

Жадаем поспехаў!

Раздзел 1 Арганізм і асяроддзе

У першым раздзеле вы пазнаёміцеся з такімі паняццямі, як «асяроддзе жыцця», «асяроддзе пражывання», «умовы існавання», «экалагічныя фактары». Атрымаеце ўяўленне аб агульных заканамернасцях уздзеяння экалагічных фактараў на арганізм і іх узаемадзеянні паміж сабой. Веданне гэтых заканамернасцей дазволіць вам зразумець, што такое лімітуючы фактар. Завяршаецца раздзел характарыстыкай асяроддзяў жыцця і разнастайнасці адаптацый арганізмаў да іх.

§ 1. Узроўні арганізацыі жывых сістэм. Экалогія як навука

Узроўні арганізацыі жывых сістэм. Жывая прырода ўяўляе сабой складанаарганізаваную супадпарадкаваную (іерархічную) сістэму, якая складаецца з розных біялагічных сістэм (біясістэм).

Біялагічная сістэма (біясістэма) — біялагічны аб'ект, які складаецца з узаемазвязаных і ўзаемадзейных элементаў і валодае здольнасцю да развіцця, самаўзнаўлення і прыстасавання да асяроддзя. Напрыклад, амёба звычайная ўяўляе сабой біясістэму і складаецца з абалонкі, ядра і цытаплазмы, якая змяшчае арганоіды. Усе яе структурныя элементы ўзаемадзейнічаюць паміж сабой і забяспечваюць амёбе здольнасць да размнажэння і існавання ў водным асяроддзі.

Прыкладам біясістэмы можа служыць любая пакрытанасенная расліна, якая складаецца з узаемазвязаных органаў — кораня, сцябла, лістоў, кветак і пладоў. Дзякуючы гэтым структурным элементам расліна можа размнажацца і прыстасоўвацца да жыцця ў наземным асяроддзі. Змешаны або хвойны лес таксама з'яўляецца прыкладам біясістэмы. Лес складаецца з папуляцый розных відаў раслін, жывёл, грыбоў і мікраарганізмаў. Гэтыя папуляцыі ўзаемадзейнічаюць паміж сабой і забяспечваюць яго развіццё і ўстойлівае існаванне ў дадзеным асяроддзі.

На аснове асаблівасцей праяўлення ўласцівасцей жывога выдзяляюць некалькі ўзроўняў арганізацыі жыцця.

Першы ўзровень — ***малекулярны***. Элементарнымі адзінкамі гэтага ўзроўню з'яўляюцца *біямалекулы*: нуклеінавыя кіслоты, бялкі, ліпіды, вугляводы і іншыя арганічныя злучэнні, якія ўзаемадзейнічаюць паміж сабой і фарміруюць

больш складаныя сістэмы. Гэты ўзровень арганізацыі жыцця вывучаюць малекулярная біялогія і біялагічная хімія.

Наступным узроўнем арганізацыі жыцця з'яўляецца ***клетачны ўзровень***. Элементарныя адзінкі гэтага ўзроўню — *клеткі*. Іх структурнымі элементамі выступаюць кампаненты, якія складаюцца з узамазвязаных біямалекул. Клетку як структурную і функцыянальную адзінку жыцця вывучае навука цыталогія.

Клеткі ў выніку ўзаемадзеяння фарміруюць тканкі, з якіх утвараюцца органы. Органы і тканкі ўяўляюць сабой ***органатканкавы ўзровень*** арганізацыі жыцця. Тканкі вывучае гісталогія, а органы — анатомія і фізіялогія.

Арганізменны ўзровень арганізацыі жыцця прадстаўляюць *арганізмы (асобіны)* — цэласныя самарэгулюючыя сістэмы, якія складаюцца з узаемазвязаных тканак і органаў. Раслінныя арганізмы вывучае батаніка, жывёльныя арганізмы — заалогія.

Наступным узроўнем арганізацыі жыцця з'яўляецца ***папуляцыйна-відавы ўзровень***. Роднасныя асобіны аб'ядноўваюцца ў *папуляцыі*, а папуляцыі складаюць *віды*.

Наступны ўзровень арганізацыі жыцця — ***біяцэнатычны***. Элементарнымі адзінкамі гэтага ўзроўню з'яўляюцца *біяцэнозы (згуртаванні)*. Яны фарміруюцца з папуляцый розных відаў, што доўга жывуць у адным і тым жа асяроддзі, паміж якімі ўзнікаюць міжвідавыя сувязі і ўзаемаадносіны.

Біягеацэнатычны ўзровень арганізацыі жыцця з'яўляецца яшчэ больш складаным. Яго прадстаўляюць біялагічныя сістэмы — *біягеацэнозы (экасістэмы)*. Яны ўзнікаюць у выніку ўзаемадзеяння біяцэнозаў і ўмоў асяроддзя.

Самы высокі ўзровень арганізацыі жыцця — ***біясферны***. Сукупнасць усіх экасістэм на планеце Зямля, звязаных бесперапынным кругаваротам рэчыва і патокам энергіі, называюць *біясферай*. Яна ўяўляе сабой глабальную па маштабах і складанасці біялагічную сістэму.

Экалогія як навука. Тэрмін «экалогія» (ад грэч. *oikos* — дом, жыллё, *logos* — навука, вучэнне) упершыню ўвёў нямецкі заолаг-эвалюцыяніст Э. Геке ль у 1866 г. Пад экалогіяй ён разумеў навуку аб адносінах арганізмаў з навакольным асяроддзем.

На пачатковым этапе экалогія ўяўляла сабой навуку, якая вывучае ўзаемадзеянні арганізмаў (асобін). У цяперашні час прадмет экалогіі значна пашырыўся. Акрамя арганізмаў, ён уключае надарганізменныя біясістэмы: папуляцыі, біяцэнозы (згуртаванні), біягеацэнозы (экасістэмы) і біясферу.

Экалогія — навука, якая вывучае біялагічныя сістэмы рознага ўзроўню арганізацыі (ад арганізма да біясферы) і заканамернасці іх узаемадзеяння.

Перад экалогіяй стаяць наступныя задачы:

1) вывучэнне рэакцый арганізмаў на фактары, якія на іх уздзейнічаюць;

2) вывучэнне ўласцівасцей і структуры папуляцый, дынамікі і механізмаў рэгуляцыі іх колькасці;

3) вывучэнне біялагічнай разнастайнасці экасістэм, заканамернасцей утварэння і размеркавання ў іх біялагічнай прадукцыі;

4) вывучэнне працэсаў, якія адбываюцца ў біясферы, з мэтай дасягнення яе ўстойлівасці;

5) распрацоўка аптымальных шляхоў узаемадзеяння чалавека і прыроды з улікам законаў існавання прыроды.

Такім чынам, экалогія з'яўляецца навуковай асновай рацыянальнага выкарыстання і аховы прыродных рэсурсаў. Гэта важнейшая навука будучага і, як пісаў французскі эколаг Ф. Дрэ яшчэ ў 1976 г., «магчыма, само існаванне чалавека на нашай планеце будзе залежаць ад прагрэсу экалогіі».

Сучасная біялогія разглядае жыццё на планеце Зямля як сукупнасць субпадпарадкаваных біялагічных сістэм. Яны прадстаўляюць малекулярны, клетачны, органатканкавы, арганізменны, папуляцыйна-відавы, біяцэнатычны, біягеацэнатычны і біясферны ўзроўні арганізацыі жыцця. Экалогія як навука вывучае наступныя біясістэмы: арганізмы, папуляцыі, біяцэнозы (згуртаванні), біягеацэнозы (экасістэмы), біясферу — і заканамернасці іх узаемадзеяння.

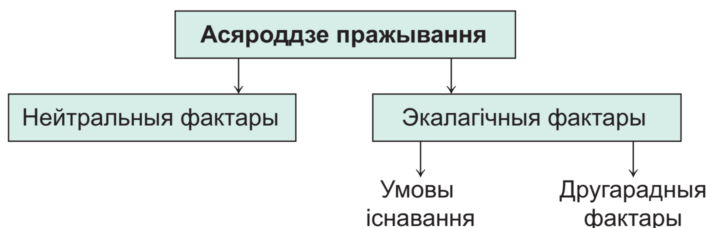
1. Што такое біясістэма? **2.** Назавіце паслядоўнасць узроўняў арганізацыі жывой матэрыі, захоўваючы прынцып іерархіі. **3.** Дайце сучаснае азначэнне экалогіі. Што з'яўляецца прадметам экалогіі? **4.** Якія задачы павінна вырашаць экалогія? **5.** Чаму экалогія з'яўляецца навуковай асновай рацыянальнага выкарыстання і аховы прыродных рэсурсаў? **6.** Устанавіце суадносіны паміж узроўнямі арганізацыі жыцця і назвамі навук, якія іх вывучаюць. *Узроўні арганізацыі жыцця*: 1. Біясферны. 2. Арганізменны. 3. Малекулярны. 4. Біяцэнатычны. 5. Папуляцыйна-відавы. 6. Органатканкавы. 7. Біягеацэнатычны. 8. Клетачны. *Біялагічныя навукі*: а) батаніка; б) экалогія; в) цыталогія; г) анатомія; д) біялагічная хімія; е) фізіялогія; ж) гісталогія; з) заалогія; і) малекулярная біялогія. **7.** Прывядзіце прыклады выкарыстання чалавекам экалагічных ведаў у прамысловай вытворчасці, сельскай гаспадарцы, транспартнай сферы і ахове прыроды.

§ 2. Фактары асяроддзя і іх класіфікацыя

Паняцце аб асяроддзі пражывання, фактарах асяроддзя і ўмовах існавання. Такія паняцці, як «асяроддзе пражывання» і «ўмовы існавання» з пункту гледжання эколагаў не з'яўляюцца раўназначнымі.

Асяроддзе пражывання — частка прыроды, якая акружае арганізм і з якой ён непасрэдна ўзаемадзейнічае на працягу свайго жыццёвага цыкла.

Асяроддзе пражывання кожнага арганізма складанае і зменлівае ў часе і прасторы. Яно ўключае мноства элементаў жывой і нежывой прыроды і элементаў, якія прыўносіць чалавек і яго гаспадарчая дзейнасць. У экалогіі гэтыя элементы асяроддзя называюцца *фактарамі*. Усе фактары асяроддзя ў адносінах да арганізма нераўназначныя. Адны з іх уплываюць на яго жыццядзейнасць, а другія для яго абыякавыя. Присутнасць адных фактараў абавязковая і неабходная для жыцця арганізма, а другіх — неабавязковая (гл. схему).



Нейтральныя фактары — кампаненты асяроддзя, якія не ўплываюць на арганізм і не выклікаюць у яго ніякай рэакцыі. Напрыклад, для воўка ў лесе абыякава прысутнасць вавёркі або дзятла, наяўнасць гнілога пня або лішайнікаў на дрэвах. Яны не аказваюць на яго непасрэднага ўздзеяння.

Экалагічныя фактары — уласцівасці і кампаненты асяроддзя пражывання, якія ўздзейнічаюць на арганізм і выклікаюць у яго адказныя рэакцыі. Калі гэтыя рэакцыі носяць характар прыстасавання, то яны называюцца адаптацыямі. ***Адаптацыя*** (ад лац. *adaptatio* — прыладжванне, прыстасаванне) — прыкмета або комплекс прыкмет, якія забяспечваюць выжыванне і размнажэнне арганізмаў у канкрэтным асяроддзі пражывання. Напрыклад, абцякальная форма цела рыб аблягчае іх перамяшчэнне ў шчыльным водным асяроддзі. У некаторых відаў раслін засушлівых месцаў вада можа назапашвацца ў лістах (алоэ) або сцёблах (кактус).

У асяроддзі пражывання экалагічныя фактары адрозніваюцца па значнасці для кожнага арганізма. Напрыклад, вуглякіслы газ не з'яўляецца важным для

жыцця жывёл, але абавязковы для жыцця раслін, а вось без вады не могуць існаваць ні тыя, ні другія. Значыць, для існавання арганізмаў любога віду патрабуюцца пэўныя экалагічныя фактары.

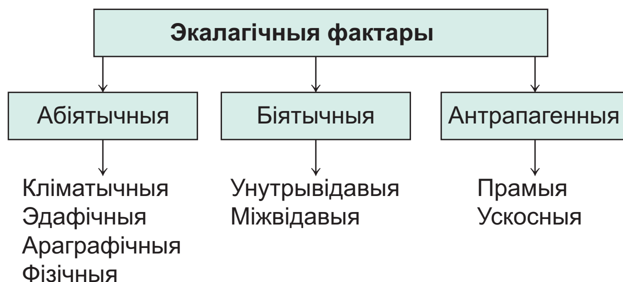
Умовы існавання (жыцця) — комплекс экалагічных фактараў, без якіх арганізм не можа існаваць у дадзеным асяроддзі.

Адсутнасць у асяроддзі пражывання хоць бы аднаго з фактараў гэтага комплексу прыводзіць арганізм да гібелі ці прыгнёту яго жыццядзейнасці. Так, да ўмоў існавання расліннага арганізма адносіцца наяўнасць вады, пэўнай тэмпературы, святла, вуглякіслага газу, мінеральных рэчываў. Тады як для жывёльнага арганізма абавязковымі з'яўляюцца вада, пэўная тэмпература, кісларод, арганічныя рэчывы.

Усе астатнія экалагічныя фактары не з'яўляюцца жыццёва важнымі для арганізма, хоць і могуць уплываць на яго існаванне. Іх называюць *другараднымі фактарамі*. Напрыклад, для жывёл вуглякіслы газ і малекулярны азот не з'яўляюцца жыццёва неабходнымі, а для існавання раслін неабавязкова наяўнасць арганічных рэчываў.

Класіфікацыя экалагічных фактараў. Экалагічныя фактары разнастайныя. Яны адыгрываюць розную ролю ў жыцці арганізмаў, маюць неаднолькавую прыроду і спецыфіку дзеяння. І хаця экалагічныя фактары ўздзейнічаюць на арганізм як адзіны комплекс, іх класіфікуюць па розных крытэрыях. Гэта аблягчае вывучэнне заканамернасцей узаемадзеяння арганізмаў з навакольным асяроддзем.

Разнастайнасць экалагічных фактараў па прыродзе паходжання дазваляе раздзяліць іх на тры вялікія групы. У кожнай з груп можна вылучыць некалькі падгруп фактараў, якія паказаны ў прыведзенай ніжэй схеме.



Абіятычныя фактары — элементы нежывой прыроды, якія прама ці ўскосна ўплываюць на арганізм і выклікаюць у яго адказную рэакцыю. Іх падраздзяляюць на чатыры падгрупы:

1) *кліматычныя фактары* — усе фактары, якія фарміруюць клімат у дадзеным асяроддзі пражывання (святло, газавы састаў паветра, ападкі, тэмпература, вільготнасць паветра, атмасферны ціск, скорасць ветру і г. д.);

2) *эдафічныя фактары* (ад грэч. *edafos* — глеба) — уласцівасці глебы, якія раздзяляюцца на ф і з і ч н ы я (вільготнасць, камякаватасць, паветра- і вільгацепранікальнасць, шчыльнасць і г. д.) і х і м і ч н ы я (кіслотнасць, мінеральны састаў, утрыманне арганічнага рэчыва);

3) *арографічныя фактары* (фактары рэльефу) — асаблівасці характару і спецыфіка рэльефу мясцовасці. Да іх адносяцца: вышыня над узроўнем мора, шырата, стромкасць (вугал нахілу мясцовасці ў адносінах да гарызонту), экспазіцыя (знаходжанне мясцовасці адносна старон свету);

4) *фізічныя фактары* — фізічныя з'явы прыроды (гравітацыя, магнітнае поле Зямлі, іанізуючае і электрамагнітнае выпраменьванні і г. д.).

Біятычныя фактары — элементы жывой прыроды, г. зн. жывыя арганізмы, якія ўплываюць на іншы арганізм і выклікаюць адказныя рэакцыі. Яны носяць самы разнастайны характар і дзейнічаюць не толькі непасрэдна, але і ўскосна праз элементы неарганічнай прыроды. Біятычныя фактары раздзяляюць на дзве падгрупы:

1) *унутрывідавыя фактары* — уплыў аказвае арганізм таго ж віду, што і дадзены арганізм (напрыклад, у лесе высокая бяроза заценяе маленькую бярозку, у земнаводных пры вялікай колькасці буйныя апалонікі выдзяляюць рэчывы, якія запавольваюць развіццё больш дробных апалонікаў і г. д.);

2) *міжвідавыя фактары* — уплыў на дадзены арганізм аказваюць асобіны другіх відаў (напрыклад, елка прыгнятае рост травяністых раслін пад яе кронай, клубеньчыкавыя бактэрыі забяспечваюць азотам бабовыя расліны і г. д.).

У залежнасці ад таго, кім з'яўляецца арганізм, які аказвае ўздзеянне, біятычныя фактары падраздзяляюць на чатыры асноўныя групы: 1) фітагенныя (ад грэч. *phytón* — расліна) фактары — уплыў раслін на арганізм; 2) заагенныя (ад грэч. *zō̃on* — жывёла) фактары — уплыў жывёл на арганізм; 3) мікагенныя (ад грэч. *mýkēs* — грыб) фактары — уплыў грыбоў на арганізм; 4) мікробагенныя (ад грэч. *micrós* — малы) фактары — уплыў іншых мікраарганізмаў (бактэрый, пратыстаў) і вірусаў на арганізм.

Антрапагенныя фактары — разнастайныя віды дзейнасці чалавека, якая ўплывае як на самі арганізмы, так і на іх месцапражыванні. У залежнасці ад спосабу ўздзеяння выдзяляюць дзве падгрупы антрапагенных фактараў:

1) *прамыя фактары* — непасрэднае ўздзеянне чалавека на арганізмы (скошванне травы, пасадка лесу, адстрэл жывёл, развядзенне рыбы);

2) *ускосныя фактары* — уплыў чалавека на асяроддзе пражывання арганізмаў самім фактам свайго існавання і праз гаспадарчую дзей-

насць. Як біялагічная істота чалавек паглынае кісларод і выдзяляе вуглякіслы газ, забірае харчовыя рэсурсы. Як сацыяльная істота ён аказвае ўплыў праз сельскую гаспадарку, прамысловасць, транспарт, бытавую дзейнасць і інш.

У залежнасці ад вынікаў уздзеяння гэтыя падгрупы антрапагенных фактараў, у сваю чаргу, падраздзяляюць на фактары станоўчага і адмоўнага ўплыву. *Фактары станоўчага ўплыву* павышаюць колькасць арганізмаў да аптымальнага ўзроўню або паляпшаюць асяроддзе іх пражывання. Іх прыкладамі з'яўляюцца: пасадка і падкормка раслін, развядзенне і ахова жывёл, ахова навакольнага асяроддзя. *Фактары адмоўнага ўплыву* зніжаюць колькасць арганізмаў ніжэй аптымальнага ўзроўню або пагаршаюць асяроддзе іх пражывання. Да іх можна аднесці высечку лясоў, забруджванне навакольнага асяроддзя, разбурэнне месцапражыванняў, пракладку дарог і іншых камунікацый.

Па прыродзе паходжання ўскосныя антрапагенныя фактары можна раздзяліць на:

а) *фізічныя* — ствараемыя ў ходзе дзейнасці чалавека электрамагнітнае і радыеактыўнае выпраменьванні, непасрэднае ўздзеянне на экасістэмы будаўнічай, ваеннай, прамысловай і сельскагаспадарчай тэхнікі ў працэсе яе выкарыстання;

б) *хімічныя* — прадукты згарання паліва, пестыцыды, цяжкія металы;

в) *біялагічныя* — пашыраныя ў ходзе дзейнасці чалавека віды арганізмаў, здольных укараняцца ў прыродныя экасістэмы і парушаць тым самым экалагічную раўнавагу;

д) *сацыяльныя* — рост гарадоў і камунікацый, міжрэгіянальныя канфлікты і войны.

Вынікі дзеяння гэтых фактараў разглядаюцца ў раздзеле 7 «Біясфера — жывая абалонка планеты».

Асяроддзе пражывання — частка прыроды, з якой арганізм непасрэдна ўзаемадзейнічае на працягу свайго жыцця. Экалагічныя фактары — уласцівасці і кампаненты асяроддзя пражывання, якія ўздзейнічаюць на арганізм і выклікаюць у яго адказныя рэакцыі. Экалагічныя фактары па прыродзе паходжання раздзяляюць на: абіятычныя (кліматычныя, эдафічныя, араграфічныя, фізічныя), біятычныя (унутрывідавыя, міжвідавыя) і антрапагенныя (прамыя, ускосныя) фактары.

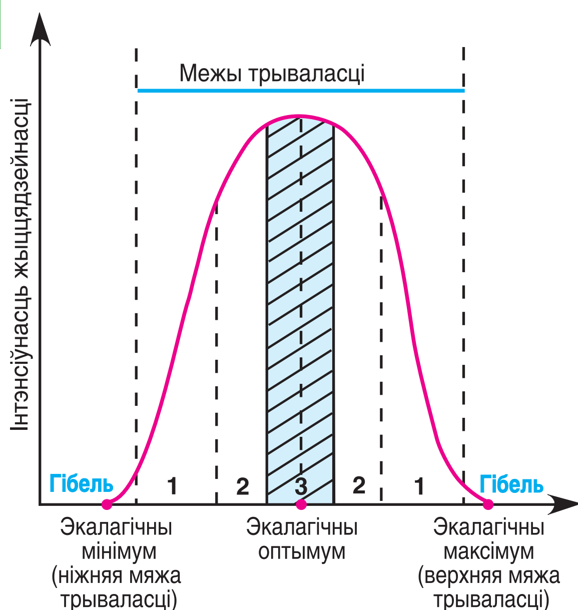
1. Дайце азначэнне паняццяў «асяроддзе пражывання» і «ўмовы існавання». **2.** Якія з пералічаных ніжэй фактараў з'яўляюцца ўмовамі існавання для раслін, а якія — для жывёл: вада, вецер, святло, вуглякіслы газ, арганічныя рэчывы, мінеральныя рэчывы? **3.** На якія групы раздзяляюць экалагічныя фактары паводле паходжання? **4.** Размяркуйце ўказаныя экалагічныя фактары на групы паводле іх паходжання: тэмпература, вышыня мясцовасці, драпежнікі, святло, транспарт, паразіты, электрамагнітнае выпраменьванне, высечка дрэў, мінеральны састаў глебы, раслінаедныя жывёлы, арашэнне засушлівых зямель. **5.** Для кожнай падгрупы абіятычных фактараў падбярыце адпаведнае азначэнне і назвы фактараў. *Падгрупы абіятычных фактараў*: 1. Кліматычныя. 2. Эдафічныя. 3. Араграфічныя. 4. Фізічныя. *Азначэнні фактараў*: 1) фізічныя і хімічныя ўласцівасці глебы; 2) фізічныя з'явы прыроды; 3) фактары, якія фарміруюць клімат у дадзеным асяроддзі; 4) асаблівасці характару і спецыфіка рэльефу мясцовасці. *Назвы фактараў:* а) вышыня мясцовасці; б) святло; в) кіслотнасць глебы; г) вільготнасць паветра; д) экспазіцыя мясцовасці; е) электрамагнітнае выпраменьванне; ж) вільготнасць глебы; з) скорасць ветру; і) гравітацыя; к) мінеральны састаў глебы. **6.** Састаўце прагноз вынікаў уздзеяння пералічаных антрапагенных фактараў на жывую прыроду: высечка лясоў; здабыча нафты ў акіяне, яе транспарціроўка і перапрацоўка; прамое вынішчэнне біялагічных відаў; выкарыстанне хімічных сродкаў барацьбы са шкоднікамі; скідванне ў водныя сістэмы прамысловых і каналізацыйных адходаў.

§ 3. Заканамернасці дзеяння фактараў асяроддзя на арганізм

Межы трываласці (талерантнасці) і зоны дзеяння экалагічнага фактару. Чалавек, назіраючы за жыццём арганізмаў у прыродзе, доўгі час не мог атрымаць адказы на шэраг пытанняў, якія яго цікавяць: чаму перасяленне з аднаго асяроддзя пражывання ў другое для адных відаў завяршаецца паспяхова, а для другіх — не? Чаму адны віды могуць жыць у моцна зменлівых умовах асяроддзя, а другім для жыцця патрабуецца адноснае пастаянства гэтых умоў? Чаму адна і тая ж сіла ўздзеяння фактару для адных арганізмаў спрыяльная, для другіх — неспрыяльная, а для трэціх — згубная?

Растлумачыць гэтыя асаблівасці ўзаемадзеяння арганізмаў з асяроддзем пражывання дапамагла экалогія. Яна выявіла залежнасць жыццядзейнасці арганізмаў ад сілы ўздзеяння экалагічных фактараў. Любая рэакцыя арганізма ў адказ на дзеянне фактару асяроддзя ў канчатковым выніку адбіваецца на яго жыццядзейнасці. Яна залежыць не толькі ад прыроды фактару, але і ад сілы і працягласці яго ўздзеяння на арганізм, г. зн. ад дозы фактару.

Нягледзячы на разнастайнасць экалагічных фактараў, быў выяўлены шэраг агульных заканамернасцей у адказных рэакцыях жывых арганізмаў. Тэарэтычна



Мал. 1. Залежнасць жыццядзейнасці арганізма ад сілы ўздзеяння экалагічнага фактару: *1* — зона песімуму, *2* — зона нармальнай жыццядзейнасці, *3* — зона оптымуму

залежнасць жыццядзейнасці арганізма (яго адказнай рэакцыі) ад сілы ўздзеяння фактару ў агульным выглядзе можна выразіць купалападобнай крывой (мал. 1). У рэальнай сітуацыі гэтая крывая, як правіла, не бывае ідэальна сіметрычнай. Як відаць з графіка, арганізм праяўляе жыццядзейнасць не пры любой сіле ўздзеяння фактару, а ў пэўным яе дыяпазоне. Гэты дыяпазон абмежаваны мінімальным і максімальным значэннямі сілы ўздзеяння фактару, якія вытрымлівае арганізм. Мінімальнае значэнне сілы ўздзеяння фактару, пры якім пачынаецца праяўленне жыццядзейнасці арганізма, называецца ***экалагічным мінімумам*** або ***ніжняй мяжой трываласці***. А максімальнае значэнне, пры якім жыццядзейнасць арганізма спыняецца, — ***экалагічным максімумам*** або ***верхняй мяжой трываласці***. Розныя віды могуць істотна адрозніваюцца па гэтых значэннях. У зоне ўмеранага клімату экалагічны мінімум па тэмпературы для дрэвавых раслін ляжыць у зоне адмоўных тэмператур. Для травяністых раслін ён крыху вышэй 0 °C (цюльпаны, цыбуля, часнок), а для некаторых культурных раслін (агуркі, таматы і інш.) не ніжэй +10 °C. Такім чынам, для кожнага віду характэрны свае межы трываласці, або талерантнасці.

Межы трываласці, або ***талерантнасці*** (ад лац. *tolerantia* — цярпенне, вынослівасць), — ***дыяпазон сілы ўздзеяння фактару, у якім магчыма жыццядзейнасць арганізма.***

Калі сіла ўздзеяння фактару выходзіць за гэтыя межы, то жыццё арганізма ў дадзеным асяроддзі становіцца немагчымым, і ён гіне. У межах талерантнасці жыццядзейнасць арганізма моцна вар'іруе ў залежнасці ад сілы ўздзеяння фактару. Але можна вылучыць тры зоны дзеяння фактару, у якіх арганізм праяўляе характэрную адказную рэакцыю:

1) ***зона песімуму*** (ад лац. *pessimum* — шкодзіць), або ***зона прыгнятання***, — дыяпазоны сілы ўздзеяння фактару (іх два), у межах якіх жыццядзейнасць арганізма зніжана. Пры такой сіле ўздзеяння фактару немагчымы яго рост і развіццё, але захоўваецца магчымасць для існавання;

2) ***зона нармальнай жыццядзейнасці***, або ***зона нормы***, — дыяпазоны сілы ўздзеяння фактару (іх два), у межах якіх назіраецца ўмераны рост і развіццё арганізма. Аднак дадзеная сіла ўздзеяння фактару недастаткова спрыяльная для яго размнажэння;

3) ***зона оптымуму*** (ад лац. *optimum* — найлепшы) — дыяпазон сілы ўздзеяння фактару, у межах якога арганізм праяўляе максімальную жыццядзейнасць. Пры такой сіле ўздзеяння фактару назіраюцца яго актыўны рост, развіццё і эфектыўнае размнажэнне.

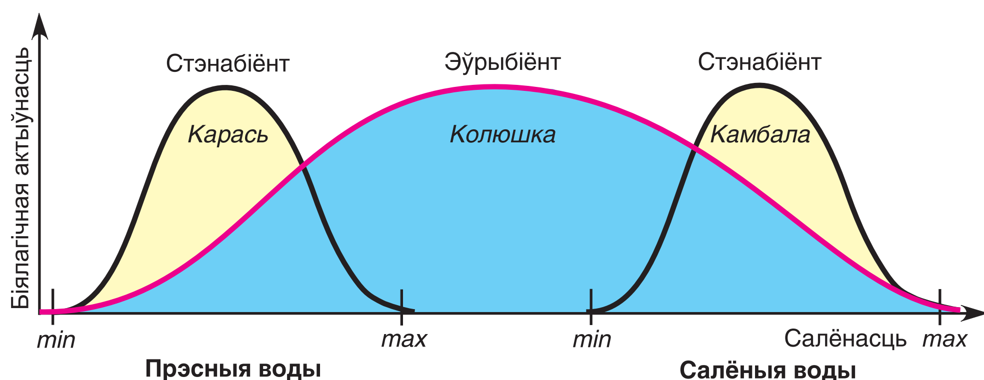
Для некаторых відаў арганізмаў у зоне оптымуму можна вылучыць канкрэтнае значэнне сілы ўздзеяння фактару, найбольш спрыяльнае для жыццядзейнасці. Яго называюць ***экалагічным оптымумам***. Аднак часцей за ўсё найлепшыя паказчыкі жыццядзейнасці назіраюцца ў пэўным дыяпазоне сілы ўздзеяння фактару, г. зн. у зоне оптымуму.

Такім чынам, заканамернасцямі дзеяння фактараў асяроддзя на арганізм з'яўляюцца: экалагічны мінімум, экалагічны максімум, межы трываласці. У межах трываласці можна вылучыць зоны песімуму, нармальнай жыццядзейнасці і оптымуму.

Паняцце аб стэнабіёнтах і эўрыбіёнтах. Ва ўсіх відаў арганізмаў у працэсе эвалюцыі выпрацавалася здольнасць успрымаць фактары асяроддзя ў тых межах, якія спрыяльна ўплываюць на іх жыццядзейнасць. Віды, якія доўга жылі ў адносна стабільных умовах асяроддзя, страцілі здольнасць вытрымліваць значныя адхіленні фактараў ад іх аптымальных значэнняў. У той жа час віды, якія былі падвергнуты істотным ваганням фактараў, сталі трывалымі ў адносінах да зменлівых умоў асяроддзя. Уласцівасць відаў прыстасоўвацца да пэўнага дыяпазону змянення фактараў асяроддзя называецца ***экалагічнай пластычнасцю*** або ***экалагічнай валентнасцю***.

У залежнасці ад экалагічнай пластычнасці ў арганізмаў ёсць розныя межы талерантнасці да розных экалагічных фактараў. Чым большая іх экалагічная пластычнасць, тым шырэйшыя ў іх межы талерантнасці ў адносінах да фактараў асяроддзя, і наадварот. Напрыклад, рыбы, якія жывуць у вадаёмах пустынь, пераносяць перапады тэмпературы ад +10 да +40 °C. А ў антарктычных рыб дыяпазон дапушчальных тэмператур складае ўсяго 4 °C (ад −2 да +2 °C).

У залежнасці ад меж талерантнасці віды раздзяляюць на дзве групы: стэнабіёнты і эўрыбіёнты. ***Стэнабіёнты*** (ад грэч. *stenós* — вузкі) — віды арганізмаў, якія маюць вузкія межы талерантнасці. Яны здольны існаваць на аб-



Мал. 2. Адрозненне меж талерантнасці рыб у адносінах да салёнасці вады

межаваных тэрыторыях з адносна пастаяннымі ўмовамі асяроддзя. ***Эўрыбіёнты*** (ад грэч. *eurýs* — шырокі) — віды арганізмаў, якія маюць шырокія межы талерантнасці. Яны могуць засяляць вялікія тэрыторыі са значнымі ваганнямі ўмоў асяроддзя.

Такім чынам, стэнабіёнты малатрывалыя ў адносінах да зменлівых умоў асяроддзя. Іх прадстаўнікамі з'яўляюцца тыповыя насельнікі мораў і прэсных вадаёмаў. Напрыклад, камбала жыве толькі ў салёнай, а карась — толькі ў прэснай вадзе (мал. 2). Эўрыбіёнты характарызуюцца здольнасцю лёгка прыстасоўвацца да моцна зменлівых умоў асяроддзя. Тыповым прадстаўніком эўрыбіёнтаў з'яўляецца колюшка, якая можа жыць як у прэсных, так і ў салёных водах.

Менавіта таму адны віды жывуць у моцна зменлівых умовах асяроддзя, а другім для жыцця патрабуецца адноснае пастаянства гэтых умоў. У сувязі з гэтым перасяленне з аднаго асяроддзя пражывання ў другое для адных відаў завяршаецца паспяхова, а для другіх заканчваецца гібеллю.

Усе віды жывых арганізмаў у адносінах да розных экалагічных фактараў маюць пэўныя межы трываласці (талерантнасці). Гэтыя межы абмежаваны экалагічным мінімумам і экалагічным максімумам. У межах трываласці вылучаюць зоны оптымуму, нармальнай жыццядзейнасці і песімуму. У залежнасці ад меж трываласці арганізмы дзеляць на стэнабіёнтаў і эўрыбіёнтаў.

1. Дайце азначэнне паняццяў «экалагічны мінімум», «экалагічны максімум», «экалагічны оптымум», «межы талерантнасці». **2.** Назавіце адрозненні паміж стэнабіёнтамі і эўрыбіёнтамі. Пацвердзіце іх на канкрэтных прыкладах. **3.** У арганізма межы тры-

валасці ў адносінах да тэмпературы складаюць 4—30 °С. Якое са значэнняў тэмпературы для яго будзе самым аптымальным? **4.** Выберыце з прапанаваных варыянтаў межы трываласці ў адносінах да вільготнасці (25—60 %; 30—75 %; 35—85 %; 50—95 %), якія павінен мець арганізм, каб адчуваць сябе найбольш камфортна пры вільготнасці 60 %. **5.** Для розных сартоў пшаніцы былі ўстаноўлены наступныя дыяпазоны дапушчальных тэмператур: 1) 2—30 °С; 2) 3—35 °С; 3) 4—29 °С; 4) 3—37 °С; 5) 1—28 °С. Размяркуйце дадзеныя сарты ў парадку павелічэння іх экалагічнай пластычнасці. **6.** Различыце экалагічны оптымум у адносінах да тэмпературы для розных відаў культурных раслін, якія маюць наступныя межы талерантнасці: 1) 15—45 °С; 2) –3—+29 °С; 3) 12—38 °С; 4) –10—+20 °С; 5) 6—24 °С. Размяркуйце гэтыя віды ў парадку павелічэння холададаўстойлівасці. Якія з іх можна вырошчваць у нашай кліматычнай зоне?

§ 4. Узаемадзеянне экалагічных фактараў. Лімітуючы фактар

Узаемадзеянне экалагічных фактараў. Зыходзячы з апісаных раней заканамернасцей дзеяння фактараў асяроддзя на арганізм, можна прадбачыць рэакцыю арганізма на пэўную сілу ўздзеяння фактару. Аднак у прыродзе ўсе фактары асяроддзя ўздзейнічаюць на арганізм адначасова і з рознай сілай. Прычым сіла ўздзеяння асобнага фактару ў значнай ступені залежыць ад спалучэння і колькаснага значэння сілы ўздзеяння іншых фактараў.

У асяроддзі пражывання экалагічныя фактары не толькі ўплываюць на арганізмы, але і ўзаемадзейнічаюць адзін з другім. Пры гэтым назіраецца ўзмацненне або аслабленне сілы ўздзеяння аднаго фактару пад уплывам другога. У выніку абсалютная сіла ўздзеяння фактару, якая вымяраецца з дапамогай адпаведнага прыбора, не роўна сіле ўздзеяння фактару, які ўспрымаецца арганізмам. Напрыклад, высокую тэмпературу лягчэй пераносіць пры нізкай, а не высокай вільготнасці паветра. А пагроза абмаражэння вышэйшая на марозе з моцным ветрам, чым у бязветранае надвор'е. Такім чынам, адзін і той жа фактар у спалучэнні з іншымі аказвае неаднолькавае экалагічнае ўздзеянне на арганізм. І наадварот, адзін і той жа экалагічны эфект для арганізма можа быць дасягнуты рознымі шляхамі. Напрыклад, недахоп вільгаці для раслін можа быць кампенсаваны палівам або зніжэннем тэмпературы асяроддзя; хуткасць фотасінтэзу пры слабай асветленасці можа быць павялічана дадатковай крыніцай святла або павышэннем канцэнтрацыі вуглякіслага газу ў паветры.

Гэтыя прыклады служаць доказам комплекснага ўздзеяння фактараў на арганізм і частковай узаемазамяняльнасці дзеяння аднаго экалагічнага фактару другім. Узаемная кампенсацыя фактараў мае межы і цалкам замяніць адзін з неабходных арганізму фактараў другім немагчыма.

Напрыклад, зялёную расліну нельга вырасціць у поўнай цемнаце нават пры самай высокай канцэнтрацыі вуглякіслага газу. Яна не будзе расці на дыстыляванай (без утрымання мінеральных рэчываў) вадзе пры самым аптымальным светлавым і цеплавым рэжыме. Гэтая заканамернасць атрымала назву *прынцыпу незамяняльнасці фактараў*: дзеянне аднаго фактару можа быць зменена другім, але не заменена ім.

У прыродным асяроддзі ў выніку ўзаемадзеяння розных фактараў іх дзеянне на арганізм можа кампенсавацца, падсумоўвацца і ўзаемна ўзмацняцца.

Кампенсацыя фактараў для арганізма назіраецца ў асноўным у межах экасістэмы. Менавіта ў экасістэме на арганізм уздзейнічаюць экалагічныя фактары асяроддзя. І тут узмацненне або аслабленне сілы ўздзеяння аднаго фактару можа кампенсаваць недахоп або лішак сілы ўздзеяння другога фактару. Напрыклад, для раслін зніжэнне тэмпературы можа часткова кампенсаваць недахоп вільгаці ў глебе. Гэта адбываецца ў выніку аслаблення транспірацыі і памяншэння расходавання раслінамі вады пры нізкай тэмпературы.

Прыкладам простага падсумоўвання фактараў з'яўляецца адначасовае неспрыяльнае ўздзеянне на чалавека і жывёл высокай тэмпературы і недахопу вады. Пры недастатковым паступленні вады ў арганізм высокая тэмпература, якая павышае потавыдзяленне, будзе паскараць працэс абязводжвання арганізма.

Экалагічныя фактары могуць узаемна ўзмацняць сваё ўздзеянне на арганізм. Прыкладам можа служыць адначасовае неспрыяльнае ўздзеянне на чалавека радыеактыўнага выпраменьвання і павышанага ўтрымання нітратаў у пітной вадзе. У гэтым выпадку ў некалькі разоў павялічваецца пагроза для здароўя ў параўнанні з сумарным дзеяннем кожнага з гэтых фактараў паасобку.

Ва ўмовах комплекснага ўздзеяння фактараў асяроддзя на арганізм паўстае пытанне: які з фактараў адыгрывае галоўную ролю ў жыцці арганізма ў дадзеным асяроддзі?

Лімітуючы фактар. Фактары асяроддзя, якія ўздзейнічаюць на арганізм, валодаюць рознай сілай уздзеяння. Але арганізм у адзін і той жа момант не можа праяўляць розны ўзровень жыццядзейнасці ў адказ на дзеянне кожнага з гэтых фактараў. Напрыклад, калі для расліны тэмпература знаходзіцца ў зоне оптымуму, асветленасць — у зоне нармальнай жыццядзейнасці, а вільготнасць — у зоне песімуму, то дадзеная расліна не будзе расці і развівацца, хаця святла і цяпла дастаткова. Яе жыццядзейнасць будзе абмяжоўваць недахоп або лішак вільгаці. Калі паліць расліну пры недахопе вільгаці, то яна зноў пачне расці. А пры лішку вільгаці, наадварот, трэба спыніць паліў, каб узнавіўся рост расліны. Значыць, жыццядзейнаць арганізма лімітуе (абмяжоўвае) фактар, які больш за ўсё

адхіліўся ад зоны оптымуму. Калі гэты фактар выйдзе за межы талерантнасці, то арганізм загіне.

Лімітуючы (абмежавальны) фактар — такі фактар, які найбольш адхіліўся ад свайго аптымальнага значэння ў параўнанні з іншымі фактарамі. Ён вызначае ўзровень жыццядзейнасці арганізма ў дадзеным асяроддзі.

Калі змяніць сілу ўздзеяння лімітуючага фактару, то жыццядзейнасць арганізма зменіцца. Значыць, выяўленне лімітуючых фактараў мае вялікае практычнае значэнне, паколькі дазваляе кіраваць жыццядзейнасцю арганізмаў.

Гэта дае чалавеку зыходны пункт пры даследаванні складаных сітуацый у гаспадарчай дзейнасці, а таксама дапамагае зразумець многія з'явы і прынцыпы размеркавання арганізмаў у прыродзе. Асноўную ўвагу неабходна ўдзяляць тым фактарам, якія з'яўляюцца найбольш важнымі для арганізма на дадзеным этапе яго жыццёвага цыкла. Тады можна будзе дастаткова дакладна прадказаць вынік змяненняў асяроддзя.

Каб захаваць у пэўным рэгіёне від, які знікае, трэба высветліць, ці не выходзяць лімітуючыя фактары асяроддзя за межы экалагічнай пластычнасці яго арганізмаў. Асабліва гэта важна ў перыяд размнажэння і развіцця. Змяняючы сілу ўздзеяння фактараў, якія абмяжоўваюць размнажэнне асобін, можна дабіцца павышэння іх колькасці. Такім спосабам удасца захаваць знікаючы від. Выяўленне лімітуючых фактараў вельмі важнае і ў практыцы сельскай гаспадаркі. Так, накіраваўшы асноўныя намаганні на іх выдаленне, можна хутка і эфектыўна павысіць ураджайнасць культурных раслін або прадукцыйнасць свойскіх жывёл.

У прыродзе ўсе фактары асяроддзя ўздзейнічаюць на арганізм як адзіны комплекс. Дзеянне асобнага фактару залежыць ад спалучэння і колькаснага значэння сілы ўздзеяння іншых фактараў. Пры гэтым жыццядзейнасць арганізма вызначае лімітуючы фактар. Ім з'яўляецца фактар, які найбольш адхіліўся ад свайго аптымальнага значэння ў параўнанні з іншымі фактарамі асяроддзя. Змяняючы сілу ўздзеяння гэтага фактару, можна кіраваць жыццядзейнасцю арганізмаў у прыродзе і гаспадарцы.

1. Як можа змяняцца ўздзеянне фактару на арганізм пад уплывам іншых фактараў асяроддзя? Прывядзіце прыклады. **2.** Укажыце фактары, здольныя паўплываць на ступень уздзеяння нізкай тэмпературы паветра на арганізм: высокая вільготнасць, слабы вецер, воблачнасць, нізкая вільготнасць, моцны вецер. **3.** Якое з названых значэнняў тэмпературы (25 °C, 18 °C, 12 °C, 14 °C, 33 °C) будзе ў найбольшай сту-

пені абмяжоўваць рост расліны, калі яе межы трываласці да тэмпературы складаюць 12—55 °С? **4.** Пералічыце экалагічныя фактары, якія, паводле вашага меркавання, з найбольшай верагоднасцю могуць стаць лімітуючымі для бульбы ў вашым рэгіёне. Прапануйце агратэхнічныя мерапрыемствы, якія дазволяць знізіць лімітуючае дзеянне гэтых фактараў на рост бульбы.

§ 5. Святло ў жыцці арганізмаў

Святло як абіятычны фактар асяроддзя. Адной з умоў існавання жыцця на Зямлі з'яўляецца сонечнае святло, якое паступае з касмічнай прасторы. Вам ужо вядома, што святло мае хвалевую прыроду. У залежнасці ад даўжыні хвалі ў сонечным спектры вылучаюць тры састаўныя кампаненты. Іх характарыстыка прадстаўлена ў табліцы 1.

Табліца 1. **Састаў сонечнага спектра**

Састаўныя кампаненты	Даўжыня хвалі, нм	Утрыманне ў спектры, %
Ультрафіялетавыя прамяні	30—400	9
Бачнае святло	400—700	46
Інфрачырвоныя прамяні	больш за 700	45

Ультрафіялетавыя прамяні дзейнічаюць на арганізмы па-рознаму ў залежнасці ад дозы і даўжыні хвалі. Яны амаль цалкам паглынаюцца азонавым слоем. Да зямной паверхні даходзяць толькі прамяні з даўжынёй хвалі 200—400 нм. Найбольшую небяспеку для чалавека ўяўляюць прамяні з даўжынёй хвалі 280—320 нм, якія валодаюць канцэрагенным дзеяннем. Лішняе апраменьванне ўльтрафіялетам можа выклікаць рак скуры (меланому), стаць прычынай развіцця катаракты (памутнення крышталіка). У той жа час у невялікіх дозах ультрафіялетавыя прамяні стымулююць сінтэз пігменту скуры меланіну і вітаміну D. Вы ўжо ведаеце, што вітамін D аказвае ўплыў на абмен кальцыю і фосфару. Гэта ў сваю чаргу ўплывае на рост і развіццё шкілета чалавека.

Вялікае значэнне мае вітамін D для росту патомства млекакормячых і птушак. Лісіцы і барсукі, якія выводзяць дзіцянят у норах, рэгулярна выносяць іх на сонца. «Сонечнае купанне» ўласціва многім птушкам. Імкнуцца пагрэцца на сонейку пасля зімоўкі і свойскія жывёлы. Вядома, што ўмеранае ўльтрафіялетавае апраменьванне маладняку сельскагаспадарчых жывёл станоўча ўплывае на іх рост і развіццё.

Бачнае святло вельмі важнае для існавання жыцця на Зямлі. Яно з'яўляецца асноўнай крыніцай энергіі. Уся разнастайнасць тэмпературных умоў на на-

шай планеце вызначаецца колькасцю сонечнай энергіі, якая да нас паступае. Розныя ўчасткі спектра бачнага святла дзейнічаюць на арганізмы па-рознаму. Чырвоныя прамяні аказваюць цеплавое дзеянне. Сінія і фіялетавыя прамяні ўплываюць на працяканне некаторых біяхімічных рэакцый. Асабліва вялікае значэнне мае бачнае святло для раслін. Для фотасінтэзу ім неабходна святло з даўжынёй хвалі 680 і 700 нм.

Для большасці арганізмаў бачнае святло з'яўляецца крыніцай энергіі. Дзённым жывёлам бачнае святло дазваляе арыентавацца ў асяроддзі. Некаторыя начныя віды (совы, філіны) могуць перамяшчацца нават пры слабай асветленасці. Сігналам да пералёту птушак служыць змяненне даўжыні светлавога дня. Расліны таксама здольны змяняць становішча сваіх органаў у прасторы пад уздзеяннем святла, г. зн. праяўляць фотатрапізм.

Фотатрапізм (ад грэч. *phōtós* — святло) — роставыя рухі органаў раслін пад уплывам аднабаковага асвятлення. Звычайна ў сцёблаў назіраецца станоўчы (па напрамку да святла), а ў каранёў — адмоўны (ад святла) фотатрапізмы. Станоўчы фотатрапізм можна назіраць на пасевах сланечніку падчас цвіцення. З усходу і да захаду суквецці сланечніку паварочваюцца ўслед за сонцам.

Інфрачырвонае выпраменьванне з'яўляецца крыніцай цеплавой энергіі, якая паглынаецца вадой клетак. Некаторыя наземныя жывёлы (яшчаркі, змеі) выкарыстоўваюць яго для павышэння тэмпературы цела.

Уплыў сонечнага святла на арганізмы залежыць не толькі ад яго якасці (даўжыні хвалі або колеру) і інтэнсіўнасці асвятлення. Важную ролю адыгрывае працягласць уздзеяння — даўжыня светлавога дня (*фотаперыяд*).

Фотаперыяд і фотаперыядызм. ***Фотаперыяд — даўжыня светлавога дня, якая вызначае поры года.*** Змена сезонаў адбываецца ў выніку змянення даўжыні светлавога дня. Прычынай гэтаму з'яўляецца рух Зямлі вакол Сонца і размяшчэнне яе восі пад вуглом да плоскасці арбіты. Даўжыня светлавога дня ў вобласці экватара адносна пастаянная на працягу ўсяго года (каля 12 г). Але ва ўмераных і высокіх шыротах фотаперыяд значна адрозніваецца ў розную пару года. Змяненне фотаперыяду адыгрывае сігнальную ролю як для раслін, так і для жывёл. Яно з'яўляецца пускавым механізмам, які ўключае паслядоўнасць фізіялагічных працэсаў і вызначае сезонныя рытмы арганізмаў. У раслін фотаперыяд рэгулюе рост, цвіценне, плоданашэнне, лістапад, перыяд спакою. Лінька, назапашванне тлушчу, міграцыя, размнажэнне ў жывёл таксама кіруюцца фотаперыядам.

Фотаперыядызм — характэрная рэакцыя жывых арганізмаў на змяненні даўжыні светлавога дня, якая суадносіць іх біялагічную актыўнасць з парой года.

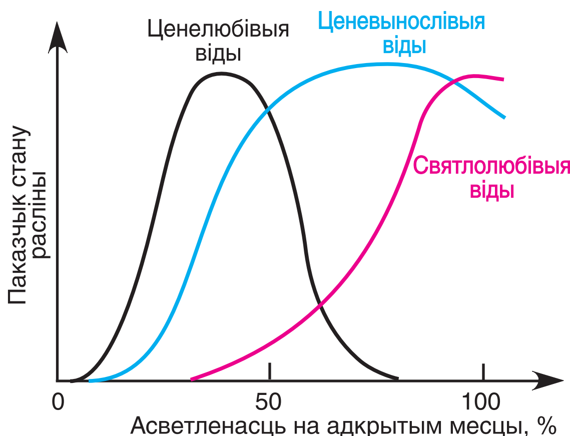
Па тыпе фотаперыядычнай рэакцыі наземныя расліны раздзяляюць на тры асноўныя групы: кароткадзённыя, даўгадзённыя і нейтральныя да даўжыні светлавога дня.

Кароткадзённыя расліны цвітуць ранняй вясной або восенню і патрабуюць кароткай даўжыні светлавога дня (менш за 12 г). Да іх адносяцца: суніцы, хрызантэмы, рыс, соя, проса і інш. *Даўгадзённыя расліны* цвітуць летам і патрабуюць даўжыні светлавога дня больш за 12 г. Прадстаўнікамі даўгадзённых раслін з'яўляюцца: бульба, жыта, ячмень, авёс, пшаніца, радыска і інш. *Расліны, нейтральныя да даўжыні светлавога дня*, цвітуць незалежна ад даўжыні светлавога дня. Такой здольнасцю валодаюць: агурок, сланечнік, кукуруза, тамат, гарох, дзьмухавец.

Такім чынам, рэгулюючы даўжыню светлавога дня, можна паскорыць або запаволіць наступленне перыяду цвіцення ў раслін у залежнасці ад пастаўленых мэт.

Варта таксама адзначыць, што многія арганізмы па-рознаму рэагуюць на змену дня і ночы. Сутачны фотаперыядызм характарызуецца зменай перыядаў актыўнасці і спакою арганізмаў у залежнасці ад пары сутак. Асабліва відавочна гэтая залежнасць праяўляецца ў птушак і іншых жывёл. Сярод іх можна вылучыць тры групы арганізмаў: дзённыя, начныя і змрочныя. *Дзённыя* актыўныя ў светлавы час сутак (пчала, ластаўка, заяц). Яны складаюць самую шматлікую групу. Здабыванне корму ў *начных* арганізмаў адбываецца ў начны час (таракан, сава, цвыркун). Некаторыя *змрочныя* арганізмы актыўныя толькі падчас змроку (бражнік, хрушч).

Экалагічныя групы раслін у адносінах да светлавога рэжыму. У працэсе эвалюцыі ў раслін выпрацаваліся эфектыўныя прыстасаванні (адаптацыі) да паспяховага жыцця пры светлавым рэжыме іх месцапражыванняў.



Мал. 3. Светлавыя оптымумы розных экалагічных груп раслін

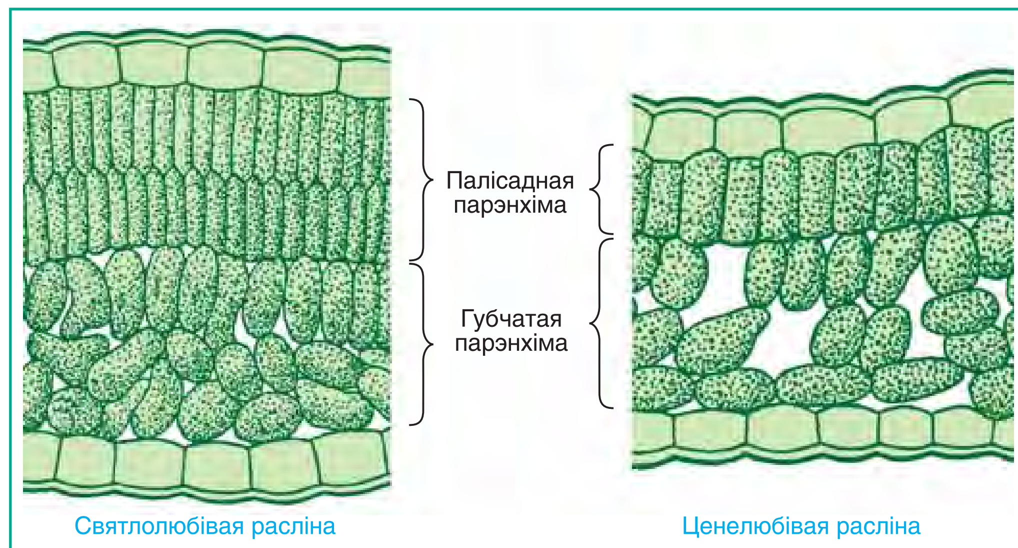
Па разнастайнасці адаптацый і здольнасці расці пры пэўным светлавым рэжыме вылучаюць тры экалагічныя групы раслін: святлолюбівыя, ценелюбівыя і ценевынослівыя. Яны адрозніваюцца становішчам светлавога оптымуму ў межах талерантнасці (мал. 3).

Святлолюбівыя расліны жывуць на адкрытых тэрыторыях і паглынаюць шмат сонечнай энергіі. Гэта расліны пустынь, стэпаў, высакагорных лугоў, пустак

і ўзбочын дарог (падбел, расходнік), пустазелле і культурныя расліны (сланечнік, пшаніца). Святлолюбівыя дрэвы ўтвараюць светлыя лясы, іх кроны не змыкаюцца (лістоўніца, сасна, асіна, бяроза і інш.). У святлолюбівых раслін ліставыя пласцінкі ў асноўным больш тоўстыя і светлыя, чым у ценелюбівых і ценевынослівых раслін. Яны часцей невялікія, бліскучыя, часам пакрыты воскам або маюць апушэнне. Лісты арыентаваны вертыкальна або пад вялікім вуглом да гарызонту, таму атрымліваюць толькі прамяні, якія слізгаюць. У іх ёсць прыстасаванні для павароту ліставых пласцінак рабром да сонца. Мезафіл (мякаць ліста) добра развіты, асабліва палісадная парэнхіма (мал. 4), хларапласты дробныя.

Ценелюбівыя расліны жывуць у моцна зацененых месцах (ніжнія ярусы трапічнага лесу, горныя цясніны, таежныя ельнікі, лесастэпавыя дубровы). Да іх адносяцца імхі, папараці, кісліца, бальзамін, медуніца і інш. У многіх ценелюбівых раслін ліставыя пласцінкі размяшчаюцца амаль пад прамым вуглом да крыніцы святла, не зацяняюць адна другую (*ліставая мазаіка*). Лісты вельмі тонкія, маюць добра развітую губчатую парэнхіму, утрымліваюць буйныя хларапласты і шмат міжклетнікаў. Палісадная парэнхіма развіта слаба і прадстаўлена, як правіла, адным слоем клетак.

Ценевынослівыя расліны аддаюць перавагу добрай асветленасці, але могуць расці і ў цені. Гэта расліны ўзлескаў, лугоў, стэпаў (ляшчына, сыць, трыпут-



Мал. 4. Унутраная будова лістоў раслін розных экалагічных груп

нік, злакавыя травы, ажыны). У травяністых форм ценевынослівых раслін сцябло тонкае, з доўгімі міжвузеллямі. Ценевынослівыя расліны ўтвараюць жывое наглебаваe покрыва і хмызняковы ярус у лясах умеранага пояса.

Сонечны спектр складаецца з бачнага святла, ультрафіялетавых і інфрачырвоных прамянёў. Характэрная рэакцыя арганізмаў на сезоннае змяненне даўжыні светлавога дня (фотаперыяд) называецца фотаперыядызмам. Па прыстасаванні да пэўнага светлавога рэжыму наземныя расліны раздзяляюць на святлолюбівыя, ценелюбівыя і ценевынослівыя.

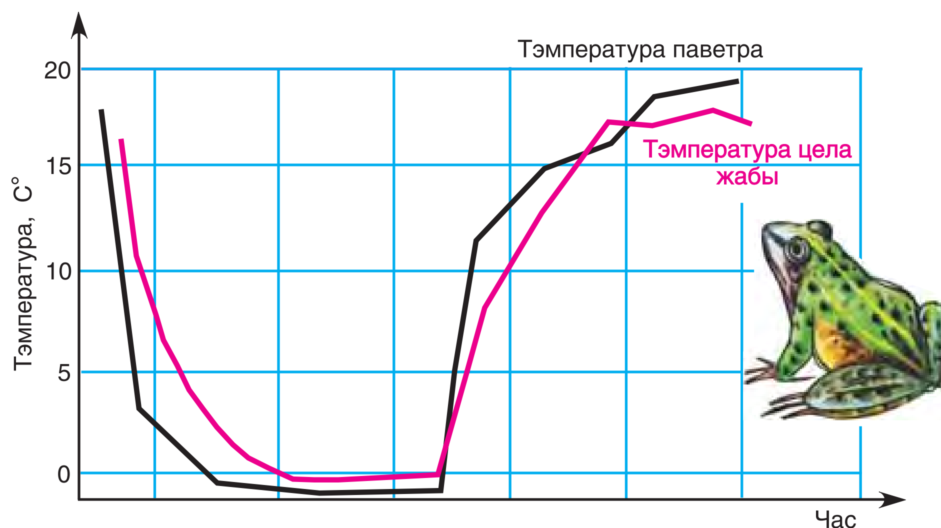
1. Які ўплыў на арганізм аказваюць ультрафіялетавыя прамяні? **2.** У чым заключаецца энергетычная роля бачнага святла для арганізмаў? **3.** Растлумачце паняцці «фотаперыяд» і «фотаперыядызм». **4.** Назавіце характэрныя асаблівасці экалагічных груп раслін у адносінах да святла. **5.** Устанавіце суадносіны паміж экалагічнымі групамі раслін і іх прадстаўнікамі. *Экалагічныя групы*: 1. Святлолюбівыя. 2. Ценелюбівыя. 3. Ценевынослівыя. *Прадстаўнікі*: а) падбел; б) кісліца; в) бальзамін; г) медуніца; д) расходнік; е) злак; ж) асіна; з) сасна. **6.** Раздзяліце дадзеныя ніжэй расліны на групы паводле тыпу фотаперыядычнай рэакцыі: авёс, радыска, дзьмухавец, рыс, бульба, проса, агурок, жыта, кукуруза, тамат, сланечнік, соя, пшаніца, гарох. Назавіце, якія з іх не могуць пладаносіць у нашых кліматычных умовах. Растлумачце чаму.

§ 6. Тэмпература як экалагічны фактар

Тэмпература як абіятычны фактар асяроддзя. У прыродзе адным з важных лімітуючых фактараў асяроддзя з'яўляецца тэмпература. Уплыў тэмпературы на большасць арганізмаў праяўляецца ў рэгуляванні біяхімічных і фізіялагічных працэсаў жыццядзейнасці. Тэмпература можа ўплываць на характар паводзін і геаграфічнае размеркаванне арганізмаў. Для тэмпературнага фактару характэрны шырокія геаграфічныя, сезонныя і сутачныя ваганні. Межамі талерантнасці для любога віду з'яўляюцца тэмпературы, пры якіх пачынаецца дэнатурацыя бялкоў. Гэта прыводзіць да страты актыўнасці ферментаў і неабарачальнага змянення калоідных уласцівасцей цытаплазмы. Дыяпазон дапушчальных тэмператур у розных відаў моцна вар'іруе, але, як правіла, знаходзіцца ў межах ад 0 да +50 °C.

Пайкілатэрмныя і гамаятэрмныя арганізмы. У залежнасці ад спосабу тэрмарэгуляцыі выдзяляюць дзве групы арганізмаў: пайкілатэрмныя і гамаятэрмныя.

Пайкілатэрмныя арганізмы (ад грэч. *poikílos* — зменлівы, які мяняецца, *thérmē* — цяпло) — арганізмы, тэмпература цела якіх непастаянная і змяняецца разам з тэмпературай навакольнага асяроддзя (мал. 5). Да іх адносяцца



Мал. 5. Уплыў змянення тэмпературы паветра на тэмпературу цела жабы

ўсе расліны, грыбы, пратысты, беспазваночныя жывёлы, рыбы, земнаводныя і паўзуны.

Гамаятэрмныя арганізмы (ад грэч. *hómoios* — аднолькавы, падобны, *thérmē* — цяпло) — арганізмы, здольныя падтрымліваць адносна пастаянную тэмпературу цела пры змяненні тэмпературы навакольнага асяроддзя. Да іх адносяцца птушкі і млекакормячыя (у тым ліку і чалавек). Гамаятэрмныя арганізмы здольны захоўваць актыўнасць у шырокім дыяпазоне тэмператур. Пайкілатэрмныя арганізмы ўпадаюць у здранцвенне пры нізкіх тэмпературах, а некаторыя насельнікі пустынь — і пры высокіх тэмпературах.

Ці заўсёды гамаятэрмныя арганізмы падтрымліваюць пастаянную тэмпературу цела? Вядома, што некаторыя віды млекакормячых і птушак здольны ўпадаць у здранцвенне, знешне падобнае на халадавае здранцвенне пайкілатэрмных жывёл. Пры гэтым тэмпература іх цела зніжаецца практычна да ўзроўню тэмпературы навакольнага асяроддзя. Нерэгулярнае здранцвенне назіраецца ў ластавак, стрыжоў, многіх грызуноў, некаторых сумчатых у сувязі з рэзкім пахаладаннем, дажджамі або снегападамі. Сезоннае здранцвенне, якое прынята называць зімняй спячкай, характэрна для суркоў, суслікаў, вожыкаў, лятучых мышэй, бурых мядзведзяў. Вышэйназваныя віды птушак і млекакормячых вылучаюць у асобную групу *гетэратэрмных жывёл* (ад грэч. *héteros* — іншы, другі, *thérmē* — цяпло).

Адаптацыя раслін да розных тэмпературных умоў. Жыццядзейнасць раслін у значнай ступені залежыць ад тэмпературы навакольнага асяроддзя. Па патрэбе да колькасці цяпла іх раздзяляюць на тры экалагічныя групы: цеплалюбівыя, мезатэрмныя і холадаўстойлівыя.

Цеплалюбівыя расліны растуць у трапічным, субтрапічным паясах і добра праграваемых месцапражываннях умеранага пояса. У цеплалюбівых раслін выпрацаваліся адаптацыі да ўздзеяння высокіх тэмператур. *Мезатэрмныя* і *холадаўстойлівыя расліны*, якія насяляюць умераны і халодны паясы, вымушаны адаптавацца да нізкіх тэмператур. Усе адаптацыі раслін да тэмпературы можна раздзяляць на тры групы: біяхімічныя, фізіялагічныя і марфалагічныя.

Біяхімічныя адаптацыі. Пры высокай тэмпературы ў цытаплазме клетак цеплалюбівых раслін павялічваецца ўтрыманне ахоўных рэчываў (арганічных кіслот, солей, слізі). Яны перашкаджаюць згусанню цытаплазмы і нейтралізуюць таксічныя рэчывы.

У холадаўстойлівых раслін пры нізкіх тэмпературах адбываецца назапашванне вугляводаў (у асноўным глюкозы) у клетачным соку, што зніжае пункт замярзання вады.

Фізіялагічныя адаптацыі. Эфектыўнай аховай раслін ад перагрэву служыць узмоцненая транспірацыя (выпарэнне вады) дзякуючы вялікай колькасці вусцейкаў.

У раслін пустынь і стэпаў кароткі цыкл развіцця дазваляе пазбегнуць уздзеяння высокіх тэмператур. Уся вегетацыя ў іх адбываецца ранняй вясной. А летнюю гарачыню яны перажываюць у стане спакою. Аднагадовыя расліны, у якіх стан спакою адбываецца ў выглядзе насення, называюць *эфемерамі* (мак). Шматгадовыя расліны, якія перажываюць неспрыяльны перыяд у выглядзе цыбулін, клубняў або карэнішчаў, называюць *эфемероідамі* (цюльпан).

Крайняй мерай у барацьбе з холадам або гарачынёй з'яўляецца пераход раслін у стан анабіёзу (абарачальнае прыпыненне жыццёвых працэсаў) у выніку абязводжвання. Напрыклад, імхі і лішайнікі могуць доўгі час знаходзіцца ў такім стане.

Марфалагічныя адаптацыі. Дзеянне высокіх тэмператур на расліны субтрапічнага і трапічнага паясоў зніжаецца за кошт узмацнення адбіцця сонечных прамянёў і памяншэння святлопаглынальнай паверхні.

Павышэнню адбіцця сонечнага святла садзейнічае светлая афарбоўка лістоў, іх бліскучая або апушаная паверхня.

Памяншэнне паглынання святла дасягаецца дзякуючы відазмяненню ліставых пласцінак. Гэта могуць быць калючкі (кактусы) або дробныя (саксаул), рассечаныя (пальмы), скручаныя (кавыль) лісты.

Процідзейнічае перагрэву раслін вертыкальнае па адносінах да сонечных прамянёў размяшчэнне лістоў. Можа адбывацца змяненне вугла іх нахілу паваротам ліставой пласцінкі.

Кедравы сланік   Расліны-падушкі

Мал. 6. Жыццёвыя формы раслін халоднага клімату

Адаптацыі ў раслін халоднага клімату праяўляюцца ў выглядзе фарміравання карлікавых жыццёвых формаў (бярозы, вербы). Сустракаюцца таксама сцелістыя (кедравы сланік, ядловец туркестанскі) і падушкападобныя (высакагорныя і арктычныя расліны-падушкі) жыццёвыя формы (мал. 6). Такія расліны менш падвергнуты ўздзеянню ветру, лепш укрыты снегам зімой, паўней выкарыстоўваюць цяпло летам.

Адаптацыя жывёл да розных тэмпературных умоў. Разнастайнасць адаптацый жывёл да неспрыяльных тэмпературных умоў тлумачыцца рознымі спосабамі тэрмарэгуляцыі ў пайкілатэрмных і гамаятэрмных арганізмаў. Усе адаптацыі жывёл па механізме дзеяння раздзяляюць на біяхімічныя, фізіялагічныя, марфалагічныя і паводзінскія.

Біяхімічныя адаптацыі. У пайкілатэрмных жывёл пры пераахаладжэнні адбываецца назапашанне «біялагічных антыфрызаў» (рэчываў, якія паніжаюць пункт замярзання вады) у вадкасцях цела. Такімі рэчывамі ў рыб з'яўляюцца глікапратэіды, у насякомых — гліцэрын, высокія канцэнтрацыі глюкозы.

У арктычных і антарктычных рыб адзначаецца павышанае ўтрыманне ненасычаных тлушчавых кіслот у саставе тлушчаў, што зніжае тэмпературу іх зацвердзявання.

У гамаятэрмных арганізмаў барацьба з пераахаладжэннем адбываецца за кошт павышэння інтэнсіўнасці абмену рэчываў. У млекакормячых узмацняецца расшчапленне асобай тлушчавай тканкі (бурага тлушчу). Яна багата мітахондрыямі і пранізана шматлікімі крывяноснымі сасудамі.

Фізіялагічныя адаптацыі. У пайкілатэрмных арганізмаў рэгуляцыя цеплаабмену адбываецца дзякуючы асаблівасцям будовы крывяноснай сістэмы.

Вялікае значэнне для тэрмарэгуляцыі ў пайкілатэрмных жывёл мае наяўнасць артэрыявенозных «цеплаабменнікаў». Сасуды, якія выходзяць з мышцаў, цесна датыкаюцца да сасудаў, што ідуць ад скуры. Кроў скуры саграваe кроў мышцаў, і ў глыбіню цела яна паступае цёплай. Аддаўшы сваё цяпло, ахалоджаная мышачная кроў зноў накіроўваецца да паверхні цела. Пры павелічэнні тэмпературы навакольнага асяроддзя ў яшчарак, напрыклад, павялічваецца хуткасць цячэння крыві па сасудах.

Пры высокіх тэмпературах як у пайкілатэрмных, так і ў гамаятэрмных арганізмаў цеплааддача ўзмацняецца за кошт выпарэння вільгаці з паверхні цела (потааддзяленне). Вільгаць можа выпарвацца праз слізістыя абалонкі ротавай поласці і верхнія дыхальныя шляхі (цеплавая задышка і інш.).

У выпадку ўздзеяння нізкіх тэмператур у жывёл могуць узнікнуць мышачныя дрыжыкі. Жывёлы могуць таксама ўпадаць у спячку.

У млекакормячых з кароткай і рэдкай поўсцю важную ролю ў тэрмарэгуляцыі адыгрываюць сасудзістыя рэакцыі. Расшырэнне або звужванне дробных паверхневых сасудаў скуры ўзмацняе або зніжае цеплааддачу.

Марфалагічныя адаптацыі. Змяншэнню страт цяпла ў арганізмаў садзейнічае цеплаізаляцыйнае покрыва. У паўзуноў ёсць рагавое покрыва, у птушак — пёравае, у млекакормячых — валасяное. Захаванню цяпла садзейнічае падскурны тлушч, асабліва выражаны ў насельнікаў халоднага клімату (ластаногія і кітападобныя).

Паводзінскія адаптацыі. У пайкілатэрмных жывёл існуе два тыпы паводзінскіх адаптацый. Гэта актыўны выбар месцаў з найбольш спрыяльным тэмпературным рэжымам і змена пастаў.

У першым выпадку насякомыя, паўзуны і земнаводныя актыўна адшукваюць асветленыя сонцам месцы. Атрымаўшы неабходную колькасць цяпла, жывёлы перамяшчаюцца ў цень або хаваюцца ў норах і падтрымліваюць тэмпературу за кошт мышачных скарачэнняў. У водных жывёл перамяшчэнне адбываецца паміж мелкаводнымі, добра праграваемымі зонамі і больш глыбакаводнымі халаднаватымі ўчасткамі.

Змена пастаў дазваляе змяніць паверхню цела, праграваемую сонечнымі прамянямі. Напрыклад, марскія ігуаны на Галапагоскіх астравах раніцай ці ў пахмурнае надвор’е прымаюць «распасцёртыя» паставы, усім целам прыціскаючыся да субстрату. Гэта забяспечвае максімальную паверхню абагрэву сонцам. Пры перагрэве яны прымаюць «прыўзнятую» паставу. Іх грудзі і пярэдняя частка цела падняты над субстратам. Гэта памяншае паверхню абагрэву, і цела абдуваецца ветрам.

Для гамаятэрмных жывёл таксама характэрны адаптыўныя паводзіны. Яны праяўляюцца ў выглядзе выбару месцаў для аховы ад халадоў або гарачыні, сезонных міграцый. Жывёлы могуць зарывацца ў снег, утвараць шчыльныя згуртаванні асобін для зніжэння энергазатрат на тэрмарэгуляцыю і г. д.

Тэмпература можа аказваць лімітуючае дзеянне на арганізмы ў выніку дэнатурацыі бялкоў. Гэта прыводзіць да страты актыўнасці ферментаў і неабарачальнага змянення калоідных уласцівасцей цытаплазмы. У залежнасці ад спосабу тэрмарэгуляцыі арганізмы раздзяляюць на пайкілатэрмныя і гамаятэрмныя. У адносінах да розных тэмпературных умоў асяроддзя ў арганізмаў выпрацаваліся біяхімічныя, фізіялагічныя, марфалагічныя, а ў жывёл яшчэ і паводзінскія адаптацыі.

1. У чым праяўляецца лімітуючае дзеянне тэмпературы на арганізмы? **2.** Прывядзіце прыклады марфалагічных адаптацый раслін розных экалагічных груп да тэмпературы. **3.** Ахарактарызуйце тэмпературныя адаптацыі пайкілатэрмных і гамаятэрмных жывёл. **4.** Адкажыце, якія з пералічаных жывёл з'яўляюцца пайкілатэрмнымі: жаба, заяц, кіт, акула, змяя, кракадзіл, конь, трытон. **5.** Устанавіце адпаведнасць паміж тыпамі і прыкладамі адаптацый раслін да розных тэмпературных умоў асяроддзя. *Тыпы адаптацый*: 1. Біяхімічныя. 2. Фізіялагічныя. *Прыклады адаптацый*: а) назапашанне вугляводаў у цытаплазме клетак холадаўстойлівых раслін; б) наяўнасць кароткага цыкла развіцця ў раслін пустынь і стэпаў; в) пераход у стан анабіёзу; г) узмоцненая транспірацыя за кошт павелічэння ліку вусцейкаў; д) павелічэнне ўтрымання арганічных кіслот, солей, слізі ў цытаплазме клетак. **6.** Чаму гамаятэрмныя жывёлы могуць жыць у розных кліматычных зонах? Прывядзіце аргументаваныя доказы.

§ 7. Вільготнасць як экалагічны фактар

Вільготнасць як абіятычны фактар асяроддзя. У наземных умовах вільготнасць часцей за іншыя экалагічныя фактары лімітуе рост і развіццё арганізмаў. Тлумачыцца гэта тым, што вада адыгрывае вялікую ролю ў іх жыцці. Яна з'яўляецца ўніверсальным растваральнікам, асяроддзем для біяхімічных рэакцый у клетцы. Малекулы вады могуць непасрэдна ўдзельнічаць у рэакцыях як субстрат (гідроліз, фотасінтэз). З'яўляючыся асноўным структурным кампанентам клетак, вада абумоўлівае іх тургар. У некаторых жывёл (круглыя і кольчатыя чэрві) яна служыць гідрастатычным шкілетам. Валодаючы высокім паверхневым нацяжэннем, вада выконвае транспартную функцыю (перамяшчэнне рэчываў) у арганізме. Дзякуючы высокай удзельнай цеплаёмістасці, цеплаправоднасці і цеплыні параўтварэння вада забяспечвае падтрыманне цеплавога балансу ў арганізме і папярэджвае яго перагрэў. Яна служыць асяроддзем пражывання для водных арганізмаў.

З курса геаграфіі вы ўжо ведаеце, як моцна адрозніваецца ўвільготненасць наземных месцапражыванняў у розных геаграфічных зонах. Яна залежыць ад га-

давой колькасці ападкаў. Мае значэнне размеркаванне іх па порах года, запас глебавай вільгаці і грунтавых вод.

Недастатковая або залішняя ўвільготненасць асяроддзя — галоўная экалагічная праблема наземных насельнікаў. Ступень увільготненасці асяроддзя ўплывае на знешні выгляд і ўнутраную будову арганізмаў. У сувязі з гэтым вылучаюць розныя экалагічныя групы раслін і жывёл.

Экалагічныя групы раслін у адносінах да вільгаці і іх адаптацыі. У наземным асяроддзі забяспечанасць месцапражываннаў вадой і яе даступнасць вельмі нестабільныя. Выпрацоўка адаптацый да дэфіцыту вільгаці — галоўны напрамак эвалюцыі раслін пры асваенні сушы. У адносінах да вільгаці прынята дзяліць усе наземныя расліны на тры экалагічныя групы: гідрафіты, ксерафіты, мезафіты. Гэтыя групы адрозніваюцца паміж сабой спецыфічнымі прыстасаваннямі да воднага рэжыму асяроддзя.

Гіграфіты (ад грэч. *hygrós* — вільготны, *phytón* — расліна) — расліны, якія жывуць на моцна ўвільготненых глебах і пры высокай вільготнасці паветра. Прадстаўнікамі гіграфітаў з'яўляюцца: падвей, рыс, трыснёг, лотаць балотная, многія асокі (мал. 7), папірус і інш. Яны сустракаюцца ва ўсіх кліматычных зонах.

Гіграфіты маюць прыстасаванні для інтэнсіўнай транспірацыі. У іх тонкія ліставыя пласцінкі з пастаянна адкрытымі вусцейкамі. У некаторых раслін ёсць спецыфічныя вадзяныя вусцейкі. Праз іх вада выдзяляецца ў капельна-вадкім стане.

У гіграфітаў слаба развіты механічная тканка, кутыкула і эпідэрміс. У мезафіле лістоў ёсць буйныя міжклетнікі. У некаторых відаў у каранях і сцёблах магчыма наяўнасць *аэрэнхімы* (ад грэч. *aē̆r* — паветра, *énchyma* — тканка) — тканкі, якая назапашвае паветра (балотныя гіграфіты). Слаба развіта каранёвая сістэма (карані тонкія, часта без каранёвых валаскоў). Гіг-

Лотаць балотная

Асака вострая

Мал. 7. Гіграфіты

рафіты не здольны перанесці нават невялікі недахоп вільгаці ў глебе і хутка вянуць.

Ксерафіты (ад грэч. *xērós* — сухі, *phytón* — расліна) — расліны, якія прыстасаваліся да жыцця ў засушлівых месцах (стэпы, пустыні, паўпустыні, саванны, высакагор'і). Яны здольны доўга вытрымліваць недастатковае ўвільгатненне.

У ксерафітаў прыстасаванасць да сухіх месцапражыванняў звязана з абмежаваннем затрат вады на транспірацыю. У адных прадстаўнікоў яна суправаджаецца актыўным здабываннем вады пры яе недахопе ў глебе. А ў другіх — здольнасцю назапашваць ваду ў тканках і органах на час засухі. У залежнасці ад тыпу адаптацый вылучаюць дзве формы ксерафітаў — сукуленты і склерафіты.

Сукуленты (ад лац. *succulentus* — сакавіты) — шматгадовыя расліны, здольныя назапашваць ваду ў сваіх тканках і органах, а затым эканомна яе расходаваць. У залежнасці ад таго, у якіх органах назапашваецца вада, адрозніваюць тры тыпы сукулентаў: ліставыя, сцябловыя (мал. 8) і каранёвыя.

Ліставыя сукуленты назапашваюць ваду ў мясістых лістах. З курса геаграфіі вы ведаеце, што ліставыя сукуленты сустракаюцца ў засушлівых абласцях Цэнтральнай Амерыкі (агава), Афрыкі (алоэ). У нашых шыротах іх можна сустрэць на сухіх пясчаных глебах (расходнік, скочкі). *Сцябловыя сукуленты* маюць моцна развітыя тканкі для назапашвання вады ў кары і асяродках сцёблаў. Яны шырока прадстаўлены ў амерыканскіх пустынях (кактусы) і засушлівых абласцях Афрыкі (малачаі). *Каранёвыя сукуленты* назапашваюць ваду ў тканках падземных частак раслін. Невысокае дрэва сейба драбналістая, якое расце ў Мексіцы, мае на каранях уздуцці дыяметрам да 30 см, у якіх назапашваецца вада.

Сукуленты інтэнсіўна ўсмоктваюць ваду паверхневымі каранямі і назапашваюць яе ў парэнхіме вегетатыўных органаў. Глебавая вільгаць з глыбокіх

Ліставыя (алоэ)

Сцябловыя (кактусы)

Мал. 8. Сукуленты

слаёў глебы для іх недаступна. Эпідэрміс у гэтых раслін пакрыты тоўстай кутыкулай. Часта маецца васковы налёт або густое апушэнне. Нешматлікія вусцейкі пагружанага тыпу днём часцей за ўсё закрыты. У сцябловых сукулентаў лісты рэдуцыраваны да калючак (кактусы). Функцыя фотасінтэзу перайшла да сцябла, якое набыло зялёны колер.

Склерафіты (ад грэч. *sclērós* — цвёрды) — расліны са зніжанай транспірацыяй і здольнасцю актыўна здабываць ваду пры яе недахопе ў глебе: палын, саксаул, бадзяк, кавыль, чартапалох (мал. 9). Яны не назапашваюць вільгаць на перыяд засухі, а здабываюць яе і эканомна расходуюць. Жывуць склерафіты пераважна ў стэпах і пустынях, засушлівых месцапражываннях умеранай зоны.

Склерафіты маюць сухія цвёрдыя лісты і сцёблы, пакрытыя тоўстай кутыкулай. З-за моцнага развіцця механічных тканак пры водным дэфіцыце ў іх не назіраецца завядання. Яны могуць пераносіць глыбокае абязводжванне і без прыметнага ўрону губляць 25—75 % воднага запасу (гіграфіты вянуць пры страце 1—2 % вады).

У выніку высокага асматычнага ціску клетачнага соку ў склерафітаў развіваецца вялікая сіла засмоктвання, таму іх называюць «раслінамі-помпамі». Карані склерафітаў ідуць глыбока ў зямлю (у вярблюджай калючкі даўжыня галоўнага кораня дасягае 15 м). Некаторыя прадстаўнікі ўтвараюць разгалінаваную паверхневую каранёвую сістэму (стэпавыя злакі).

У перыяд засух транспірацыя памяншаецца за кошт шэрага марфалагічных адаптацый. *Па-першае*, у склерафітаў дробныя, часта ў выглядзе іголак або калючак, лісты. Яны маюць васковы налёт або апушэнне і вусцейкі пагружанага тыпу. *Па-другое*, клеткі склерафітаў здольны ўтрымліваць ваду дзякуючы высокай вязкасці цытаплазмы.

Кавыль

Чартапалох

Мал. 9. Склерафіты

Мезафіты (ад грэч. *mesós* — сярэдні) — расліны, якія жывуць ва ўмовах умеранага ўвільгатнення. Яны здольны пераносіць кароткачасовы недахоп вільгаці. Да іх адносіцца большасць ліставых дрэвавых раслін. Мезафітамі з'яўляюцца лугавыя і многія лясныя травы, злакі, пустазелле, амаль усе культурныя расліны ўмеранай зоны. Гэта найбольш распаўсюджаная экалагічная група раслін.

У параўнанні з гіграфітамі і ксерафітамі мезафіты маюць адаптыўныя прыкметы прамежкавага характару. У іх умерана развіта каранёвая сістэма. На каранях ёсць каранёвыя валаскі, у лістах — невялікая колькасць вусцейкаў. У залежнасці ад забяспечанасці вільгаццю вусцейкі могуць у любы час адкрывацца або закрывацца.

У насенні мезафітаў, якія жывуць у стэпах і пустынях, змяшчаецца інгібітар (замаруджвальнік) прарастання. Ён вымываецца толькі пры колькасці ападкаў, дастатковай для вегетацыі. Такое прыстасаванне папярэджвае прарастанне насення і гібель парасткаў у перыяд засухі.

Адаптацыі жывёл да рознага воднага рэжыму. Сухапутныя жывёлы для папаўнення страты вады ў выніку выдзялення і выпарэння патрабуюць перыядычнага яе спажывання. У залежнасці ад воднага рэжыму ў іх выпрацаваліся розныя тыпы адаптацый: фізіялагічныя, марфалагічныя і паводзінскія.

Да ***фізіялагічных адаптацый*** адносяцца асаблівасці працэсаў жыццядзейнасці, якія кампенсуюць дэфіцыт вільгаці ў арганізме. Напрыклад, млекакормячыя п'юць ваду, земнаводныя паглынаюць яе скурным покрывам. Дробныя жывёлы пустынь (грызуны, паўзуны, членістаногія) здабываюць ваду, паядаючы расліны з сакавітымі парасткамі.

Ёсць жывёлы, якія могуць атрымліваць ваду за кошт акіслення тлушчу (акісленне 100 г тлушчу дае 105 г вады). Таму вялікія адклады тлушчу — горб вярблюда, курдзюк авечкі — служаць своеасаблівымі рэзервуарамі хімічна звязанай вады.

Да ***марфалагічных адаптацый*** адносяцца прыстасаванні, якія затрымліваюць ваду ў целе жывёл. Насякомыя і павукападобныя маюць шматслойную хіцінізаваную кутыкулу. У паўзуноў ёсць рагавое покрыва цела (рагавая луска і пласцінкі). У наземных малюскаў — ракавіны. У птушак цела пакрыта пёрамі, а ў млекакормячых — поўсцю.

Паводзінскія адаптацыі заключаюцца ў тым, што большасць жывёл актыўныя ў пошуках вады. Яны перыядычна наведваюць месцы вадапою. Парой ім прыходзіцца мігрыраваць на сухі перыяд у раёны з большай вільготнасцю. Здольнасць ажыццяўляць далёкія міграцыі да вадапою характэрна для антылоп, сай-

гакаў, куланаў. Некаторыя жывёлы ў сухі перыяд пераходзяць на начны спосаб жыцця або ўпадаюць у летнюю спячку (суслікі, суркі, чарапахі).

Вада ўплывае на хуткасць абмену рэчываў, удзельнічае ў тэрмарэгуляцыі, выконвае транспартную функцыю ў арганізме. У адносінах да ўвільготненасці асяроддзя пражывання вылучаюць экалагічныя групы наземных раслін: гіграфіты, ксерафіты (сукуленты, склерафіты), мезафіты. Жывёлы для рэгуляцыі воднага балансу выпрацавалі фізіялагічныя, марфалагічныя і паводзінскія адаптацыі.

1. Якія экалагічныя групы раслін вылучаюць у адносінах да вільгаці? **2.** Ахарактарызуйце адаптацыі гіграфітаў. Назавіце іх прадстаўнікоў. **3.** Якія агульныя і адметныя рысы будовы маюць сукуленты і склерафіты? **4.** Якія тыпы адаптацый да рознага воднага рэжыму выпрацаваліся ў жывёл? **5.** Вызначце адпаведнасць паміж экалагічнымі групамі раслін у адносінах да вільгаці і іх прадстаўнікамі. *Экалагічныя групы*: 1. Гіграфіты. 2. Ксерафіты. 3. Мезафіты. *Прадстаўнікі*: а) трыснёг; б) палын; в) расходнік; г) кавыль; д) кактус; е) чартапалох; ж) лотаць балотная; з) дзьмухавец; і) папірус; к) падбел. **6.** Чаму букет з кветак лотаці балотнай хутка вяне, а хрызантэмы стаяць доўга? Чаму ў сасны звычайнай, якая расце на пясчанай глебе, корань ідзе глыбока ў глебу, а ў той, што расце на балоце, — каранёвая сістэма паверхневая? Чаму ў стэпах масавае цвіценне раслін пачынаецца вельмі рана (люты — сакавік) і хутка спыняецца? Дайце аргументаваныя адказы.

§ 8. Паняцце аб асяроддзі жыцця. Воднае асяроддзе

Вам ужо вядомы такія паняцці, як «асяроддзе пражывання» і «асяроддзе жыцця». Неабходна навучыцца іх адрозніваць. Паняцце «асяроддзе пражывання» разглядалася ў § 2. Што ж такое «асяроддзе жыцця»?

Асяроддзе жыцця — частка прыроды з асаблівым комплексам фактараў, для існавання ў якой у розных сістэматычных груп арганізмаў сфарміраваліся падобныя адаптацыі.

На Зямлі можна вылучыць чатыры асноўныя асяроддзі жыцця: воднае, наземна-паветранае, глебавае, жывы арганізм.

Воднае асяроддзе. Воднае асяроддзе жыцця характарызуецца высокай шчыльнасцю, асаблівымі тэмпературным, светлавым, газавым і салявым рэжымамі. Арганізмы, якія жывуць у водным асяроддзі, называюцца **гідрабіёнтамі** (ад грэч. *hýdōr* — вада, *bíos* — жыццё).

Тэмпературны рэжым воднага асяроддзя. У вадзе тэмпература змяняецца ў меншай ступені, чым на сушы, з-за высокай удзельнай цеплаёмістасці і цеплаправоднасці вады. Павышэнне тэмпературы паветра на 10 °C выклікае павы-

шэнне тэмпературы вады на 1 °C. З глыбінёй тэмпература паступова зніжаецца. На вялікіх глыбінях тэмпературны рэжым адносна пастаянны (не вышэй +4 °C). У верхніх слаях назіраюцца сутачныя і сезонныя ваганні (ад 0 да +36 °C). Паколькі ў водным асяроддзі тэмпература змяняецца ў вузкім дыяпазоне, то для большасці гідрабіёнтаў патрабуецца стабільная тэмпература. Для іх згубныя нават невялікія адхіленні тэмпературы, выкліканыя, напрыклад, скідваннем прадпрыемствамі цёплых сцёкавых вод. Гідрабіёнты, здольныя існаваць пры вялікіх ваганнях тэмпературы, сустракаюцца толькі ў дробных вадаёмах. З-за невялікага аб'ёму вады ў гэтых вадаёмах назіраюцца значныя сутачныя і сезонныя перапады тэмпературы.

Светлавы рэжым воднага асяроддзя. Святла ў вадзе менш, чым у паветры. Частка сонечных прамянёў адбіваецца ад яе паверхні, а частка паглынаецца тоўшчай вады.

Дзень пад вадой карацейшы, чым на сушы. Летам на глыбіні 30 м ён складае 5 г, а на глыбіні 40 м — 15 мін. Хуткае змяншэнне святла з глыбінёй звязана з яго паглынаннем вадой.

Мяжа зоны фотасінтэзу ў морах знаходзіцца на глыбіні каля 200 м. У рэках яна вагаецца ад 1,0 да 1,5 м і залежыць ад празрыстасці вады. Празрыстасць вады ў рэках і азёрах моцна зніжаецца з-за забруджвання завіслымі часціцамі. На глыбіні, большай за 1500 м, святло практычна адсутнічае.

Газавы рэжым воднага асяроддзя. У водным асяроддзі ўтрыманне кіслароду ў 20—30 разоў меншае, чым у паветры, таму ён з'яўляецца лімітуючым фактарам. Кісларод паступае ў ваду за кошт фотасінтэзу водных раслін і здольнасці кіслароду паветра растварацца ў вадзе. Пры перамешванні вады ўтрыманне кіслароду ў ёй павялічваецца. Верхнія слаі вады багацейшыя на кісларод, чым ніжнія. Пры дэфіцыце кіслароду назіраюцца заморы (масавая гібель водных арганізмаў). Зімнія заморы бываюць, калі вадаёмы пакрываюцца лёдам. Летнія — калі з-за высокай тэмпературы вады змяншаецца растваральнасць кіслароду. Прычынай можа быць і павышэнне канцэнтрацыі таксічных газаў (метану, серавадароду), якія ўтвараюцца пры гніенні адмерлых арганізмаў без доступу кіслароду. З-за непастаянства канцэнтрацыі кіслароду большасць водных арганізмаў у адносінах да яго з'яўляюцца эўрыбіёнтамі. Але ёсць і стэнабіёнты (стронга, планарыя, лічынкі аўсянікаў і ручайнікаў), якія не пераносяць недахопу кіслароду. Яны з'яўляюцца індыкатарамі чыстай вады. Вуглякіслы газ раствараецца ў вадзе ў 35 разоў лепш за кісларод, і яго канцэнтрацыя ў ёй у 700 разоў вышэйшая, чым у паветры. У вадзе CO_2 назапашваецца дзякуючы дыханню водных арганізмаў, гніенню арганічных рэштак. Вуглякіслы газ забяспечвае фотасінтэз і выкарыстоўваецца пры ўтварэнні вапнавых шкілетаў беспазваночных.

Табліца 2. **Салёнасць прыродных вод**

Тып прыродных вод	Утрыманне солей, г/л
Прэсныя воды	менш за 0,5
Саланаватыя воды	0,5—16
Салёныя воды	больш за 16

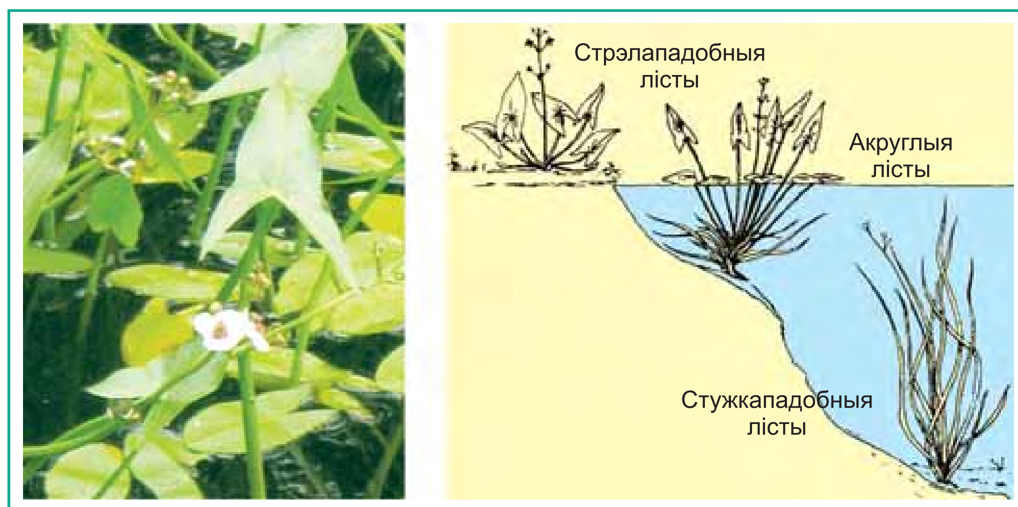
Салявы рэжым воднага асяроддзя. Салёнасць вады адыгрывае важную ролю ў жыцці гідрабіёнтаў. Прыродныя воды па ўтрыманні солей падзяляюцца на групы, прадстаўленыя ў табліцы 2.

У Сусветным акіяне салёнасць складае ў сярэднім 35 г/л. Самае высокае ўтрыманне солей у салёных азёрах (да 370 г/л). Тыповыя насельнікі прэсных і салёных вод з'яўляюцца стэнабіёнтамі. Яны не пераносяць ваганняў салёнасці вады. Эўрыбіёнтаў параўнальна няшмат (лешч, судак, шчупак, вугор, колюшка, ласось і інш.). Яны могуць жыць як у прэснай, так і ў салёнай вадзе.

Адаптацыі раслін да жыцця ў вадзе. Усе расліны воднага асяроддзя называюцца ***гідрафітамі*** (ад грэч. *hýdōr* — вада, *phytón* — расліна). У салёных водах жывуць толькі водарасці. Цела ў іх не раздзелена на тканкі і органы. Да змянення саставу сонечнага спектра ў залежнасці ад глыбіні водарасці прыстасаваліся шляхам змянення саставу сваіх пігментаў. Пры пераходзе ад верхніх слаёў вады да глыбінных афарбоўка водарасцей змяняецца ў паслядоўнасці: зялёныя → бурыя → чырвоныя (самыя глыбакаводныя водарасці).

Зялёныя водарасці змяшчаюць зялёны, аранжавы і жоўты пігменты. Яны здольны да фотасінтэзу пры дастаткова высокай інтэнсіўнасці сонечнага святла. Таму жывуць у мелкіх прэсных вадаёмах або на марскім мелкаводдзі. Да іх адносяцца: спірагіра, улотрыкс, ульва і інш. У бурых водарасцей, акрамя зялёнага, утрымліваюцца буры і жоўты пігменты. Яны здольны ўлоўліваць менш інтэнсіўнае сонечнае выпраменьванне на глыбіні 40—100 м. Прадстаўнікамі бурых водарасцей з'яўляюцца фукус і ламінарыя, якія жывуць толькі ў морах. Чырвоныя водарасці (парфіра, філафора) могуць жыць на глыбіні, большай за 200 м. Акрамя зялёнага, яны маюць чырвоны і сіні пігменты, здольныя ўлоўліваць нават нязначнае святло на вялікай глыбіні. З асаблівасцямі будовы і размнажэння водарасцей вы пазнаёміліся ў курсе біялогіі 7-га класа.

У прэсных вадаёмах у сцёблах вышэйшых раслін слаба развіта механічная тканка. Напрыклад, калі дастаць з вады гарлачык белы або гарлачык жоўты, то іх сцёблы вянуць і не здольны падтрымліваць кветкі ў вертыкальным становішчы. Апорай для іх служыць вада за кошт яе высокай шчыльнасці. Адаптацыяй да недахопу кіслароду ў вадзе з'яўляецца наяўнасць у органах раслін аэрэнхімы (паветранай тканкі). Мінеральныя рэчывы знаходзяцца ў вадзе, таму слаба развіты праводзячая і каранёвая сістэмы. Карані могуць увогуле адсутнічаць (раска, эладэя, урэчнік) або служыць для замацавання ў субстраце (рагоз, стрэлкаліст, шальнік). Каранёвых валаскоў на каранях няма. Лісты часцей тонкія і доўгія або моцна рассечаныя. Мефазіл не дыферэнцыраваны. Вусцейкі ў плаваючых лістоў знаходзяцца на верхнім баку, а ў пагружаных у ваду — адсутнічаюць. Для не-



Мал. 10. Марфалагічная разнастайнасць лістоў у стрэлкаліста, які расце на сушы і часткова або цалкам апушчаны ў ваду

каторых раслін характэрна наяўнасць лістоў рознай формы (гетэрафілія) у залежнасці ад таго, дзе яны знаходзяцца. У гарлачыка і стрэлкаліста форма лістоў у вадзе і на паверхні розная (мал. 10).

Пылок, плады і насенне водных раслін прыстасаваны да распаўсюджвання вадой. Яны маюць коркавыя вырасты або моцныя абалонкі, якія прадухіляюць пранікненне вады ўнутр і загніванне.

Адаптацыі жывёл да жыцця ў вадзе. У водным асяроддзі жывёльны свет больш багаты, чым раслінны. Дзякуючы незалежнасці ад сонечнага святла жывёлы засялілі ўсю тоўшчу вады. Паводле тыпу марфалагічных і паводзінскіх адаптацый іх раздзяляюць на наступныя экалагічныя групы: планктон, нектон, бентас.

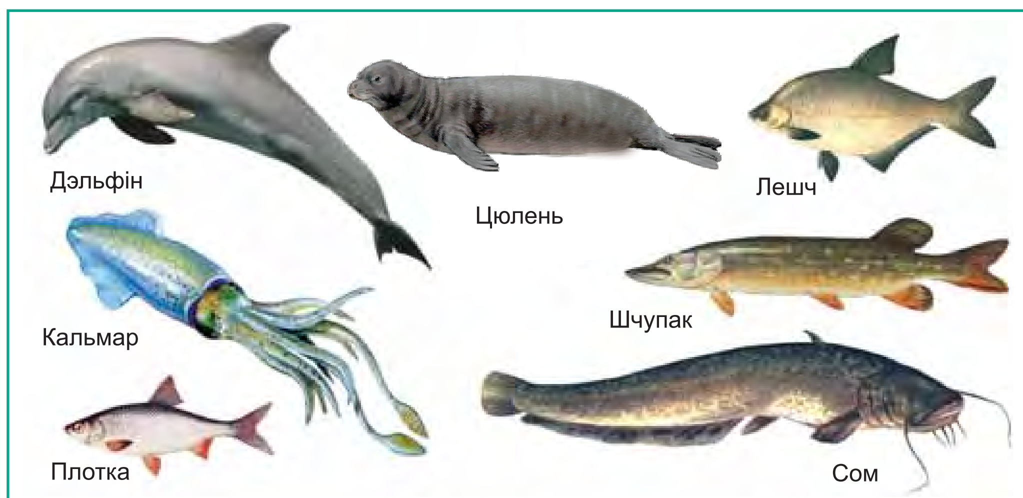
Планктон (ад грэч. *planktós* — які лунае, блукае) — арганізмы, якія жывуць у тоўшчы вады і перамяшчаюцца пад уздзеяннем яе цячэння (мал. 11, с. 36). Гэта дробныя ракападобныя, кішэчнаполасцевыя, лічынкі некаторых беспазваночных. Усе іх адаптацыі накіраваны на павышэнне плывучасці цела:

1) павелічэнне паверхні цела за кошт сплюсквання і падаўжэння формы, развіцця вырастаў і шчацінак;

2) змяншэнне шчыльнасці цела ў сувязі з рэдукцыяй шкілета, наяўнасцю тлушчавых кропель, пузыркоў паветра, слізістых чахлоў.

Нектон (ад грэч. *nēktós* — які плавае) — арганізмы, якія жывуць у тоўшчы вады і вядуць актыўны спосаб жыцця. Прадстаўнікамі нектону з'яўляюцца рыбы,

Мал. 11. Прадстаўнікі планктону



Мал. 12. Прадстаўнікі нектону

кітападобныя, ластаногія, галаваногія малюскі (мал. 12). Процістаяць цячэнню ім дапамагаюць адаптацыі да актыўнага плавання і памяншэння трэння цела. Актыўнае плаванне дасягаецца за кошт добра развітой мускулатуры. Пры гэтым могуць выкарыстоўвацца энергія выкідваемага струменя вады, выгінанне цела, плаўнікі, ласты і г. д. Памяншэнню трэння цела садзейнічаюць адаптацыі: абцякаемая форма цела, пластычнасць скурнага покрыва, наяўнасць на скуры лускі і слізі.

Бентас (ад грэч. *bénthos* — глыбіня) — арганізмы, якія жывуць на дне вадаёма або ў тоўшчы доннага грунту (мал. 13).

Мал. 13. Прадстаўнікі бентасу

Мал. 14. Прадстаўнікі нейстону

Адаптацыі бентасных арганізмаў накіраваны на памяншэнне плывучасці:

1) пацяжэнне цела за кошт ракавін (малюскі), хіцінізаванага покрыва (ракі, крабы, амары, лангусты);

2) замацаванне на дне з дапамогай органаў фіксацыі (прысоскі ў п'явак, кручкі ў лічынак ручайніка) або пляскатага цела (скаты, камбала). Некаторыя прадстаўнікі зарываюцца ў грунт (многашчацінкавыя чэрві).

У азёрах і сажалках вылучаюць яшчэ адну экалагічную групу арганізмаў — нейстон. *Нейстон* — арганізмы, якія звязаны з паверхневай плёнкай вады і жывуць пастаянна або часова на гэтай плёнцы або да 5 см углыб ад яе паверхні (мал. 14). Іх цела не змочваецца, паколькі яго шчыльнасць меншая за шчыльнасць вады. Пэўным чынам створаныя канечнасці дазваляюць перамяшчацца па паверхні вады не пагружаючыся (клапы вадамеры, жукі вертуны). Своеасаблівай групай водных арганізмаў з'яўляецца таксама *перыфітон* — арганізмы, якія ўтвараюць на падводных аб'ектах плёнку абрастання. Прадстаўнікамі перыфітону з'яўляюцца: водарасці, бактэрыі, пратысты, ракападобныя, двухстворчатыя малюскі, малашчацінкавыя чэрві, імшанкі, губкі.

На планеце Зямля вылучаюць чатыры асноўныя асяроддзі жыцця: воднае, наземна-паветранае, глебавае і жывы арганізм. У водным асяроддзі лімітуючым фактарам з'яўляецца кісларод. Паводле характару адаптацый водных насельнікаў раздзяляюць на экалагічныя групы: планктон, нектон, бентас.

1. Дайце азначэнне паняцця «асяроддзе жыцця». Якія асяроддзі жыцця можна вылучыць на планеце Зямля? **2.** Ахарактарызуйце асаблівасці воднага асяроддзя жыцця. **3.** Назавіце крыніцы кіслароду і вуглякіслага газу ў вадзе. Утрыманне якога з газаў з'яўляецца лімітуючым фактарам? **4.** Вызначце, якія з пералічаных ніжэй раслін з'яўляюцца гідрафітамі: падвей, стрэлкаліст, эладэя, асака, гарлачык, рыс, раска, папірус. **5.** Устанавіце адпаведнасць паміж экалагічнымі групамі водных насельнікаў і іх прадстаўнікамі. *Экалагічныя групы*: 1. Планктон. 2. Нектон. 3. Бентас. *Прадстаўнікі*: а) шчупак; б) мядуза; в) камбала; г) васьміног; д) краб; е) дафнія; ж) рак-пустэльнік. **6.** Назавіце прычыны зімніх і летніх замораў рыб. Складзіце план мерапрыемстваў, якія дазваляюць іх папярэдзіць.

§ 9. Наземна-паветранае і глебавае асяроддзі жыцця

Газавы рэжым наземна-паветранага асяроддзя. Адметнай асаблівасцю наземна-паветранага асяроддзя з'яўляецца наяўнасць у ім паветра (сумесі газаў).

Паветра мае нізкую шчыльнасць, таму не можа выконваць функцыю апоры для арганізмаў (за выключэннем тых, што лётаюць). Менавіта нізкая шчыльнасць паветра вызначае яго нязначнае супраціўленне пры перамяшчэнні арганізмаў па паверхні глебы. У той жа час яна ўскладняе іх перамяшчэнне ў вертыкальным напрамку. Нізкая шчыльнасць паветра абумоўлівае таксама нізкі ціск на сушы (760 мм рт. сл. = 1 атм). Паветра менш, чым вада, перашкаджае пранікненню сонечнага святла. Яно мае больш высокую празрыстасць, чым вада.

Газавы састаў паветра пастаянны (аб гэтым вы ведаеце з курса геаграфіі). Кіслард і вуглякіслы газ, як правіла, не з'яўляюцца лімітуючымі фактарамі. У якасці прымесяў у паветры прысутнічаюць вадзяныя пары і розныя забруджвальнікі.

За апошняе стагоддзе ў выніку гаспадарчай дзейнасці чалавека ў атмасферы рэзка павысілася ўтрыманне розных забруджвальнікаў. Сярод іх найбольш небяспечнымі з'яўляюцца: аксіды азоту і серы, аміяк, фармальдэгід, цяжкія металы, вуглевадароды і інш. Арганізмы, якія цяпер жывуць, практычна не прыстасаваны да іх. Па гэтай прычыне забруджванне атмасферы з'яўляецца сур'ёзнай глабальнай экалагічнай праблемай. Для яе вырашэння патрэбна ажыццяўленне прыродаахоўных мерапрыемстваў на ўзроўні ўсіх дзяржаў Зямлі.

Паветраныя масы перамяшчаюцца ў гарызантальным і вертыкальным напрамках. Гэта прыводзіць да з'яўлення такога экалагічнага фактару, як вецер. ***Вецер*** можа выклікаць перамяшчэнне пяскоў у пустынях (пясчаныя буры). Ён здоль-

Мал. 15. Кедр са сцягавай кронай, размешчаный у адпаведнасці з пераважным напрамкам вятроў

ны выдзімаць глебавыя часціцы на любым рэльефе, зніжаючы ўрадлівасць зямель (ветравая эрозія). Вецер аказвае механічнае ўздзеянне на расліны. Ён здольны выклікаць ветравалы (выварочванне дрэў з карэннем), бураломы (пераломы ствалоў дрэў), дэфармацыю кроны дрэў (мал. 15). Перамяшчэнне паветраных мас істотна ўплывае на размеркаванне ападкаў і тэмпературны рэжым у наземна-паветраным асяроддзі.

Водны рэжым наземна-паветранага асяроддзя. З курса геаграфіі вы ведаеце, што наземна-паветранае асяроддзе можа быць як гранічна насычана вільгаццю (тропікі), так і вельмі беднае ёю (пустыні). Ападкі размяркоўваюцца нераўнамерна як па сезонах, так і па геаграфічных зонах. Вільготнасць у асяроддзі вагаецца ў шырокім дыяпазоне. Яна з'яўляецца асноўным лімітуючым фактарам для жывых арганізмаў.

Тэмпературны рэжым наземна-паветранага асяроддзя. Тэмпература ў наземна-паветраным асяроддзі мае сутачную і сезонную перыядычнасць. Арганізмы адаптаваліся да яе з моманту выхаду жыцця на сушу. Таму тэмпература радзей, чым вільготнасць, праяўляе сябе як лімітуючы фактар.

Адаптацыі раслін і жывёл да жыцця ў наземна-паветраным асяроддзі. З выхадам раслін на сушу ў іх з'явіліся тканкі. Будову тканак раслін вы вывучалі ў курсе біялогіі ў 7-м класе. У сувязі з тым што паветра не можа служыць надзейнай апорай, у раслін узніклі механічныя тканкі (драўняныя і лубяныя валокны). Шырокі дыяпазон змянення кліматычных фактараў стаў прычынай фарміравання шчыльных покрыўных тканак — перыдэрмы, коркі. Дзякуючы рухомасці паветра (ветру) у раслін сфарміраваліся прыстасаванні да апылення, распаўсюджвання спор, пладоў і насення. З іх разнастайнасцю вы таксама пазнаёміліся ў курсе біялогіі ў 7-м класе пры вывучэнні вышэйшых раслін.

Жыццё жывёл у завіслым стане ў паветры немагчыма з-за яго нізкай шчыльнасці. Многія з відаў (насякомыя, птушкі) прыстасаваліся да актыўнага палёту і могуць доўга быць у паветры. Але іх размнажэнне адбываецца на паверхні глебы.

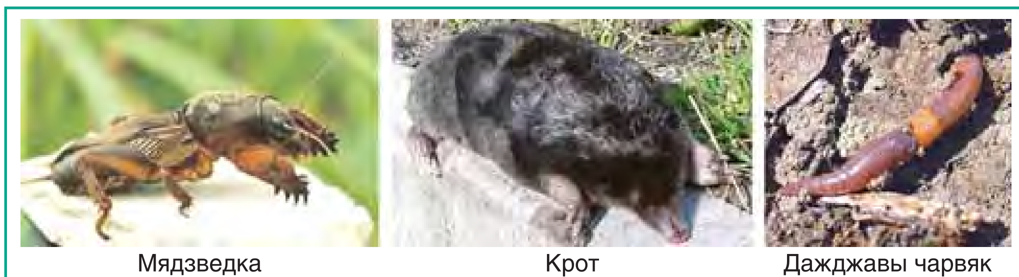
Перамяшчэнне паветраных мас у гарызантальным і вертыкальным напрамках выкарыстоўваецца некаторымі дробнымі арганізмамі для пасіўнага рассялення. Такім спосабам рассяляюцца пратысты, павукі, насякомыя. Нізкая шчыльнасць паветра стала прычынай удасканалення ў жывёл у працэсе эвалюцыі вонкавага (членістаногія) і ўнутранага (пазваночныя) шкілетаў. Па гэтай прычыне мае месца абмежаванне гранічнай масы і памераў цела наземных жывёл. Самая буйная жывёла сушы — слон (маса да 5 т) намнога меншая за марскога гіганта — сіняга кіта (да 150 т). Дзякуючы з'яўленню розных тыпаў канечнасцей млекакормячыя змаглі засяліць разнастайныя паводле характару рэльефу ўчасткі сушы.

Агульная характарыстыка глебы як асяроддзя жыцця. Глеба — верхні слой зямной кары, які валодае ўрадлівасцю. Яна ўтварылася ў выніку ўзаемадзеяння кліматычных і біялагічных фактараў з пародай, што падсцілае (пясок, гліна і г. д.). Глеба кантактуе з паветраным асяроддзем і выконвае функцыю апоры для наземных арганізмаў. Яна з'яўляецца таксама крыніцай мінеральнага жыўлення для раслін. Для глебы характэрны наступныя ўласцівасці: шчыльнасць, вільготнасць, тэмпературны рэжым, аэрацыя (забеспячэнне паветрам), рэакцыя асяроддзя (pH), засоленасць.

Шчыльнасць глебы павялічваецца з глыбінёй. Вільготнасць, тэмпература і аэрацыя глебы цесна ўзаемазвязаныя і ўзаемазалежныя. Тэмпературныя ваганні ў глебе згладжаны ў параўнанні з прыземным паветрам і на глыбіні 1—1,5 м ужо не прасочваюцца. Добра ўвільготненыя глебы павольна праграваюцца і павольна астываюць. Павышэнне вільготнасці і тэмпературы глебы пагаршае яе аэрацыю, і наадварот. Гідратэрмічны рэжым глебы і яе аэрацыя залежаць ад структуры глебы. Гліністыя глебы ў параўнанні з пясчанымі мацней утрымліваюць вільгаць. Але яны горш аэрыруюцца і горш праграваюцца. Паводле рэакцыі асяроддзя глебы раздзяляюцца на тры віды: кіслыя ($pH < 7,0$), нейтральныя ($pH \approx 7,0$) і шчолачныя ($pH > 7,0$).

Адаптацыі раслін і жывёл да жыцця ў глебе. Глеба ў жыцці раслін выконвае функцыі замацавання, водазабеспячэння, крыніцы мінеральнага жыўлення. Канцэнтрацыя пажыўных рэчываў у глебе прывяла да развіцця ў раслін каранёвай сістэмы і праводных тканак.

Жывёлы, якія жывуць у глебе, маюць шэраг адаптацый для жыцця ў ёй. Для іх характэрны розныя спосабы перамяшчэння ў глебе. Гэта можа быць рыццё ха-



Мал. 16. Насельнікі глебы

доў і нор, як у мядзведкі і крата (мал. 16). Дажджавыя чэрві могуць рассоўваць глебавыя часціцы і пракладваць хады. Лічынкі насякомых здольны поўзаць сярод глебавых часціц. У сувязі з гэтым у працэсе эвалюцыі выпрацаваліся адпаведныя адаптацыі. У землярыйных арганізмаў з'явіліся капальныя канечнасці. У кольчатых чарвей ёсць гідрастатычны шкілет, а ў насякомых і мнаганожак — кіпцюркі.

Глебавыя жывёлы маюць кароткае кампактнае цела з покрывам, якое не намакае (млекакормячыя), або пакрытае слізззю. Жыццё ў глебе як асяроддзі пражывання прывяло да атрафіі або недаразвіцця органаў зроку. У крата маленькія, недаразвітыя вочы часта скрыты пад складкай скуры. Для аблягчэння перамяшчэння ў вузкіх глебавых ходах поўсць у кратоў набыла здольнасць укладвацца ў двух напрамках.

У наземна-паветраным асяроддзі арганізмы акружаны паветрам. Яно мае нізкую вільготнасць, шчыльнасць і ціск, высокую празрыстасць і ўтрыманне кіслароду. Вільготнасць з'яўляецца асноўным лімітуючым фактарам. Глеба як асяроддзе жыцця характарызуецца высокай шчыльнасцю, гідратэрмічным рэжымам, аэрацыяй. У раслін і жывёл да жыцця ў наземна-паветраным і глебавым асяроддзях выпрацаваліся разнастайныя адаптацыі.

1. Ахарактарызуйце ўласцівасці паветра як кампанента наземна-паветранага асяроддзя. **2.** Якія фактары наземна-паветранага асяроддзя з'яўляюцца лімітуючымі? Чаму? **3.** Пералічыце асаблівасці глебы як асяроддзя жыцця. **4.** Чаму пасля моцнага дажджу на паверхні глебы можна ўбачыць шмат дажджавых чарвей? **5.** Вызначце адпаведнасць паміж насельнікамі глебы і іх адаптацыямі для перамяшчэння. *Насельнікі глебы*: 1. Крот. 2. Лічынкі насякомых. 3. Дажджавы чарвяк. 4. Мядзведка. 5. Мнаганожка. *Адаптацыі*: а) кіпцюркі; б) капальныя канечнасці; в) гідрастатычны шкілет. **6.** Абгрунтуйце з'яўленне ў раслін тканак у сувязі з выхадам у наземна-паветранае асяроддзе.

§ 10. Жывы арганізм як асяроддзе жыцця

Характэрныя асаблівасці арганізма як асяроддзя жыцця. Адноснае пастаянства ўнутранага асяроддзя аднаго арганізма — гаспадара — дае магчымасць выкарыстаць яго цела другімі арганізмамі — сужыцелямі — у якасці асяроддзя жыцця. ***Гаспадар*** — арганізм, які з'яўляецца асяроддзем жыцця для другіх арганізмаў. ***Сужыцель*** — арганізм, які пасяляецца на паверхні або ўнутры цела другога арганізма. Сужыцель можа быць для гаспадара нейтральным (малькі рыб у кішэчнай поласці марскіх кішэчнапаласцевых жывёл). Ён можа прыносіць яму карысць, забяспечваючы пажыўнымі рэчывамі (азотфіксуючыя клубеньчыкавыя бактэрыі і бабовыя расліны). Але ён можа прыносіць гаспадару шкоду, выкарыстоўваючы яго пажыўныя рэчывы (аскарыда чалавечая і чалавек).

Сужыцеляў больш за ўсё сярод мікраарганізмаў. Да іх належаць некаторыя прадстаўнікі бактэрый, грыбоў, пратыстаў (дызентэрыйная амёба, трыхаманада). З мнагаклетачных арганізмаў сужыцелямі з'яўляюцца плоскія і круглыя чэрві, некаторыя насякомыя, якія маюць спрошчаную будову. Усе вірусы таксама можна лічыць сужыцелямі, паколькі яны праяўляюць жыццядзейнасць толькі ў арганізме.

Найбольш часта ў прыродзе сустракаюцца ўзаемаадносіны, калі сужыцель жыве за кошт гаспадара і прыгнятае яго жыццядзейнасць. Гэтыя ўзаемаадносіны называюцца ***паразітызмам*** (ад грэч. *parásitos* — нахлебнік), а сужыцелі — ***паразітамі.*** Акадэмік Я. Н. Паўлоўскі даў ім наступнае азначэнне: «Паразітамі называюць жывёл, якія жывуць за кошт асобін іншага віду і цесна звязаны з імі ў сваім жыццёвым цыкле на большай або меншай яго працягласці».

Трапіўшы ва ўнутранае асяроддзе гаспадара, паразіт атрымлівае шэраг пераваг:

1) багацце лёгка даступнай для засваення ежы, якая не патрабуе перабудовы працэсаў стрававання. Напрыклад, клетачны сок раслін, кроў жывёл, змесціва іх стрававальнага тракту, ужо апрацаванае ферментамі;

2) абароненасць ад непасрэднага ўздзеяння абіятычных і біятычных фактараў знешняга асяроддзя. Усе ўзаемадзеянні са складанымі і зменлівымі навакольнымі ўмовамі і ворагамі бярэ на сябе арганізм гаспадара;

3) адносная стабільнасць умоў існавання. Унутранае асяроддзе арганізма па шэрагу фізіка-хімічных фактараў мае высокую ступень пастаянства.

У той жа час арганізм як асяроддзе жыцця стварае для паразітаў некаторыя экалагічныя цяжкасці:

1) абмежаванасць асяроддзя ў часе і прасторы;

2) цяжкасць распаўсюджвання ад адной асобіны гаспадара да другой;

3) складанасці ў забеспячэнні кіслародам;

4) ахоўныя рэакцыі арганізма гаспадара.

Як перавагі, так і экалагічныя цяжкасці жыцця ў другім арганізме з'явіліся прычынай фарміравання ў паразітаў разнастайных адаптацый. Яны дазваляюць паразітычным арганізмам эфектыўна размнажацца і працвітаць, жывучы ў другім арганізме.

Адаптацыі да жыцця ў іншым арганізме. Паразіты могуць пасяляцца на паверхні цела гаспадара ў выпадку *эктапаразітызму* (вошы, блохі, кляшчы, клапы) або ўнутры яго ў выпадку *эндапаразітызму* (малярыйны плазмодый, аскарыда, валасагалоў, бычыны цэпень). У эктапаразітаў большая частка цела знаходзіцца па-за гаспадаром (у кантакце з навакольным асяроддзем) і толькі органы жыўлення ўкараняюцца ў яго жывыя тканкі. У эндапаразітаў у працэсе эвалюцыі выпрацаваўся шэраг прыстасаванняў да жыцця ў іншым арганізме.

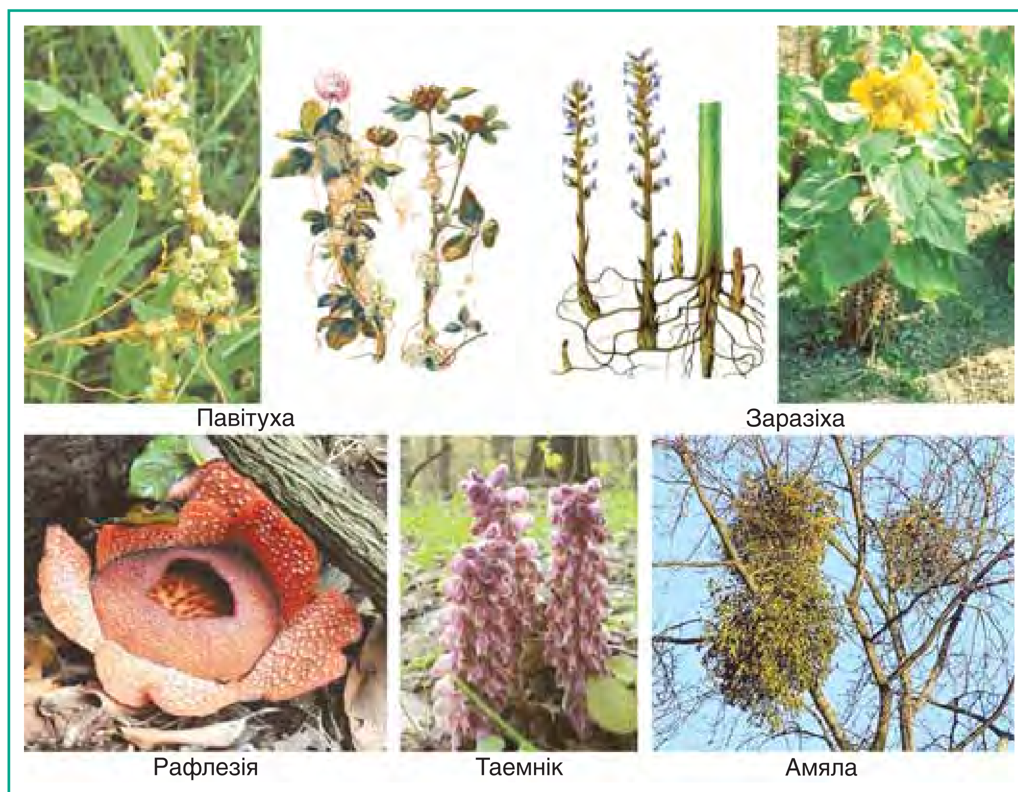
1. *Малыя памеры цела.* Абмежаванасць памераў асяроддзя пражывання паразітаў кампенсуецца малымі памерамі іх цела. Паразіт заўсёды меншы за гаспадара (аскарыда і чалавек; фітафтора і таматы; трыхаманада і чалавек). Гэта дазваляе паразіту пасяліцца ў арганізме гаспадара і жывіцца за яго кошт, не выклікаючы хуткай гібелі.

2. *Спрашчэнне знешняй і ўнутранай будовы.* Паколькі ўмовы пражывання паразітаў пастаянныя і аптымальныя, у іх няма неабходнасці мець складаную будову і выпрацоўваць складаныя механізмы адаптацыі. У сувязі з гэтым адбываецца спрашчэнне або рэдукцыя асобных сістэм органаў. Акрамя таго, з'яўляецца магчымасць эканоміі энергіі на працэсы размнажэння, не звязаныя з падтрыманнем жыццядзейнасці.

Абмежаванасць памераў асяроддзя пражывання паразітаў з'явілася прычынай спрашчэння іх знешняй будовы. Напрыклад, на целе паразітычных чарвей адсутнічаюць органы перамяшчэння. Яны маларухомыя. У асобных прадстаўнікоў ёсць толькі органы фіксацыі, якія дазваляюць ім замацоўвацца ў арганізме гаспадара (кутыкулярныя кручкі, прысоскі).

Багацце лёгка даступнай ежы прывяло да спрашчэння сістэмы стрававання ў паразітаў. Напрыклад, у пячоначнага смактуна стрававальная сістэма спрошчана, а ў бычынага цэпеня і зусім страчана. Усмоктванне пажыўных рэчываў у стужачных чарвей адбываецца ўсёй паверхняй цела.

У паразітычных раслін жыўленне сокамі гаспадара прывяло да рэдукцыі сістэмы фотасінтэзу і страты хларафілу. У іх таксама адбылося спрашчэнне будовы або поўная страта вегетатыўных органаў — кораня, сцябла, ліста. Сярод рас-



Мал. 17. Расліны-паразіты і паўпаразіты

лін сустракаюцца поўныя паразіты і паўпаразіты. Паразіты не ўтрымліваюць хларафілу, напрыклад павітуха, заразіха, рафлезія, таемнік. Паўпаразіты (амяла) маюць хларапласты і бяруць ад расліны толькі мінеральныя рэчывы (мал. 17).

Расліны-паразіты не абаронены ад непасрэднага ўздзеяння знешніх фактараў. Для іх, як і для жывёл-эктапаразітаў, паняцце «жывы арганізм як асяроддзе пражывання» мае крайне абмежаванае прымяненне. Яны існуюць адначасова ў двух асяроддзях (іншы арганізм і паветранае асяроддзе).

Складанасці ў забеспячэнні кіслародам прывялі ў паразітаў да рэдукцыі дыхальнай сістэмы і пераходу да анаэробнага дыхання (браджэння). Паколькі іх энергетычныя затраты невялікія, а запасы ежы невычарпальныя, то такі спосаб дыхання апраўданы.

У адрозненне ад свабоднажывучых арганізмаў, якія ўзаемадзейнічаюць з навакольным асяроддзем, паразіты «пераладжылі» цяжар рэгуляцыі адносін з ася-

роддзем на гаспадара. Гэта прывяло да спрашчэння будовы іх нервовай сістэмы і рэдукцыі органаў пачуццяў. Адпала і неабходнасць выпрацоўкі прыстасаванняў для актыўнай і пасіўнай аховы ад ворагаў.

3. *Ахоўнае покрыва цела*. Большасць паразітаў пражывае ў стрававальным тракце гаспадара і падвяргаецца ўздзеянню ферментаў стрававальных сокаў. Для аховы ад пераварвання ў іх сфарміравалася спецыфічнае покрыва цела. Напрыклад, у смактуноў цела пакрыта слоем слізі, а ў аскарыды чалавечай на паверхні цела ёсць мнагаслойная кутыкула.

4. *Высокая пладавітасць*. Цяжкасці ў распаўсюджванні ў паразітаў кампенсуюцца павышэннем здольнасці да размнажэння. Высокая пладавітасць у паразітаў атрымала назву «закона вялікай колькасці яец».

Напрыклад, чалавечая аскарыда за суткі здольна адкласці 250 тыс. яец, а за 5—6 месяцаў палавой сталасці — 50—60 млн яец. Іх маса ў 1700 разоў пераўзыходзіць масу самкі.

Інтэнсіўнае развіццё палавой сістэмы забяспечвае высокія рэпрадуктыўныя магчымасці віду. Гэтаму таксама садзейнічае *партэнагенез* (развіццё без апладнення), *поліэмбрыянія* (з аднаго яйца з'яўляецца шмат зародкаў), *бясполае размнажэнне* (самкі нараджаюць толькі самак). Узнікненне *гермафрадытызму* (сумяшчэнне ў адным арганізме мужчынскай і жаночай палавых сістэм) з'яўляецца свайго роду двайной гарантыяй паспяховага апладнення і атрымання патомства.

Партэнагенез сустракаецца ў пчол, мурашак, тлей, дафній, калаўротак, некаторых відаў змей і яшчарак. Поліэмбрыянія — гэта свайго роду вегетатыўнае размнажэнне на стадыі зіготы. Яна сустракаецца ў жывёл розных сістэматычных груп: імшанак, дажджавых чарвей, некаторых відаў насякомых, марскіх вожыкаў, браняносцаў і чалавека (аднаяйцавыя блізняты). Прыродны гермафрадытызм распаўсюджаны пераважна сярод беспазваночных. Ён сустракаецца ў чарвей, гідраў, малюскаў, ракападобных (вусаногіх ракаў) і насякомых (какцыды). Сярод пазваночных гермафрадзітамі з'яўляюцца многія віды рыб, якія насяляюць каралавыя рыфы.

Ахова аплодненых яец мнагаслойнымі абалонкамі і забеспячэнне зародка жыўленнем павышаюць выжывальнасць патомства. Развіццё прыстасаванняў для выхаду лічынак з яйца і цела гаспадара ў знешняе асяроддзе і іх пранікненне ў арганізм новага гаспадара садзейнічаюць рассяленню.

5. *Змена гаспадароў у жыццёвым цыкле*. У паразітаў, як правіла, у жыццёвым цыкле назіраецца змена гаспадароў. Дзякуючы гэтаму не дапускаецца вялікая колькасць у адным арганізме-гаспадары вялікай колькасці паразітаў, што магло б прывесці да яго гібелі.

Узаемаадносіны, калі адзін арганізм (паразіт) жыве за кошт іншага (гаспадара), называюцца паразітызмам. Паразіт, які выкарыстоўвае гаспадара як асяроддзе жыцця, атрымлівае шэраг пераваг, але пры гэтым перажывае экалагічныя цяжкасці. Асноўныя адаптацыі да паразітызму: малыя памеры цела, спрашчэнне знешняй і ўнутранай будовы, ахоўнае покрыва цела, высокая пладавітасць, змена гаспадароў у жыццёвым цыкле.

1. Як можа ўплываць сужыцель на свайго гаспадара? **2.** Якія ўзаемаадносіны паміж арганізмамі называюцца паразітызмам? **3.** Пералічыце перавагі арганізма як асяроддзя жыцця. **4.** Якія экалагічныя цяжкасці для насельнікаў стварае арганізм як асяроддзе жыцця? **5.** Назавіце асноўныя адаптацыі арганізмаў да жыцця ў другім арганізме. **6.** Вызначце адпаведнасць паміж групамі паразітаў і іх прадстаўнікамі. *Групы*: 1. Паразіты раслін. 2. Паразіты жывёл. *Прадстаўнікі*: а) павітуха; б) валасагалоў; в) бычыны цэпень; г) заразіха; д) рафлезія; е) аскарыда; ж) таемнік; з) малярыйны плазмодый. **7.** Што дазваляе любіну (бабовая расліна) расці на бедных пясчаных глебах і даваць добры ўраджай? Дайце аргументаваны адказ.

Раздзел 2 Від і папуляцыя

Гэты раздзел пачынаецца азначэннем паняцця «від» і характарыстыкай крытэрыяў віду. Затым уводзіцца паняцце «папуляцыя» і даецца характарыстыка ўласцівасцей і тыпаў структуры папуляцый. У апошнім параграфе раздзела разглядаюцца механізмы рэгуляцыі колькасці папуляцый у прыродзе.

§ 11. Паняцце віду. Крытэрыі віду

Паняцце віду. Від як таксанамічная катэгорыя. Каб вывучыць разнастайнасць жыцця, чалавеку неабходна было распрацаваць сістэму класіфікацыі арганізмаў для раздзялення іх на групы. Як вы ўжо ведаеце, найменшай структурнай адзінкай у сістэматыцы жывых арганізмаў з'яўляецца від.

Від — гістарычна сфарміраваная сукупнасць асобін, якія падобны па марфалагічных, фізіялагічных і біяхімічных прыкметах, свабодна скрыжоўваюцца і даюць пладавітае патомства, прыстасаваны да пэўных умоў асяроддзя і займаюць у прыродзе агульную тэрыторыю — арэал.

Для таго каб аднесці асобін да аднаго і таго ж або розных відаў, іх параўноўваюць паміж сабой па шэрагу пэўных характэрных прыкмет — крытэрыяў.

Крытэрыі віду. Сукупнасць характэрных аднатыпных прыкмет, па якіх асобіны аднаго віду падобны, а асобіны розных відаў адрозніваюцца паміж сабой, называюць крытэрыем віду. У сучаснай біялогіі выдзяляюць наступныя асноўныя крытэрыі віду: марфалагічны, фізіялагічны, біяхімічны, генетычны, экалагічны, геаграфічны.

Марфалагічны крытэрый адлюстроўвае сукупнасць характэрных прыкмет знешняй будовы. Напрыклад, віды канюшыны адрозніваюцца па афарбоўцы суквеццяў, форме і афарбоўцы лістоў (мал. 18). Гэты крытэрый адносны. У межах віду асобіны могуць прыкметна адрознівацца па будове. Гэтыя адрозненні залежаць ад полу (*палавы дымарфізм*), стадыі развіцця, стадыі ў цыкле размнажэння, умоў асяроддзя пражывання, прыналежнасці да сартоў або парод.

Напрыклад, у качкі крыжанкі самец ярка афарбаваны, а самка цёмна-бурая, у высакароднага аленя ў самцоў ёсць рогі, а ў самак іх няма (мал. 19). У матыля капуснай белянкі вусень адрозніваецца ад дарослай асобіны знешнімі прыкметамі. У папараці шчытоўніка мужчынскага спарафіт мае лісты і карані, а га-

Канюшына лугавая

Канюшына гібрыдная

Канюшына паўзучая

Канюшына горная

Мал. 18. Марфалагічныя адрозненні розных відаў канюшыны

Крыжанка

Алень высакародны

Мал. 19. Знешнія адрозненні самцоў і самак — доказ адноснасці марфалагічнага крытэрыю

метафіт прадстаўлены зялёнай пласцінкай з рызоідамі. У той жа час некаторыя віды настолькі падобныя па марфалагічных прыкметах, што іх называюць відамі-двайнікамі. Напрыклад, некаторыя віды малярыйных камароў, дразафіл, паўночнаамерыканскіх цвыркуноў знешне не адрозніваюцца, але не скрыжоўваюцца паміж сабой.

Такім чынам, на аснове аднаго марфалагічнага крытэрыю нельга меркаваць аб прыналежнасці асобіны да таго ці іншага віду.

Фізіялагічны крытэрый — сукупнасць характэрных асаблівасцей працэсаў жыццядзейнасці (размнажэнне, страваванне, выдзяленне і інш.). Адной з важнейшых прыкмет з'яўляецца здольнасць асобін скрыжоўвацца. Асобіны розных відаў не могуць скрыжоўвацца з-за несумяшчальнасці палавых клетак, неадпаведнасці палавых органаў. Гэты крытэрый адносны, паколькі і асобіны аднаго віду часам не могуць скрыжоўвацца. У мух дразафіл немагчымасць спарвання можа быць абумоўлена адрозненнем у будове палавога апарата. Гэта прыводзіць да парушэння працэсаў размнажэння. І наадварот, вядомы такія віды, прадстаўнікі якіх могуць скрыжоўвацца паміж сабой. Напрыклад, конь і асёл, прадстаўнікі некаторых відаў вербаў, таполяў, зайцоў, канарэек. З гэтага вынікае, што для вызначэння відавой прыналежнасці асобін недастаткова параўноўваць іх толькі па фізілагічным крытэрыі.

Біяхімічны крытэрый адлюстроўвае характэрны хімічны састаў цела і абмен рэчываў. Гэта самы ненадзейны крытэрый. Няма рэчываў або біяхімічных рэакцый, характэрных толькі для пэўнага віду. Асобіны аднаго віду могуць значна адрознівацца па гэтых паказчыках. У той час як у асобін розных відаў сінтэз бялкоў і нуклеінавых кіслот адбываецца аднолькава. Шэраг біялагічна актыўных рэчываў адыгрывае аналагічную ролю ў абмене рэчываў у розных відаў. Напрыклад, хларафіл ва ўсіх зялёных раслін удзельнічае ў фотасінтэзе. Значыць, вызначэнне відавой прыналежнасці асобін на аснове аднаго біяхімічнага крытэрыю таксама немагчыма.

Генетычны крытэрый характарызуецца пэўным наборам храмасом, падобных па памерах, форме і саставу. Гэта самы надзейны крытэрый, паколькі ён з'яўляецца фактарам рэпрадуктыўнай ізаляцыі, якая падтрымлівае генетычную цэласнасць віду. Аднак і гэты крытэрый не з'яўляецца абсалютным. У асобін аднаго віду колькасць, памеры, форма і састаў храмасом могуць адрознівацца ў выніку геномных, храмасомных і генных мутацый. У той жа час пры скрыжаванні некаторых відаў часам з'яўляюцца жыццяздольныя пладавітыя міжвідавыя гібрыды. Напрыклад, сабака і воўк, таполя і вярба, канарэйка і зяблік пры скрыжаванні даюць пладавітае патомства. Такім чынам, падабенства па дадзеным крытэрыі таксама недастаткова, каб аднесці асобін да аднаго віду.

Экалагічны крытэрый — гэта сукупнасць характэрных фактараў асяроддзя, неабходных для існавання віду. Кожны від можа пражываць у тым асяроддзі, дзе кліматычныя ўмовы, асаблівасці глебы, характар рэльефу і крыніцы ежы адпавядаюць яго межам талерантнасці. Але ў гэтых жа ўмовах асяроддзя могуць пражываць і арганізмы іншых відаў. Вывядзенне чалавекам новых парод жывёл і сартоў раслін паказала, што асобіны аднаго віду (дзікія і акультураныя) могуць жыць у асяроддзях, якія вельмі адрозніваюцца. Гэта даказвае адносны характар экалагічнага крытэрыю. Значыць, ёсць неабходнасць выкарыстання іншых крытэрыяў пры вызначэнні прыналежнасці асобін да пэўнага віду.

Геаграфічны крытэрый характарызуе здольнасць асобін аднаго віду насяляць у прыродзе пэўную частку зямной паверхні (арэал).

Напрыклад, лістоўніца сібірская распаўсюджана ў Сібіры (Заўралле), а лістоўніца даурская — у Прыморскім краі (Далёкі Усход), марошка — у тундры, а чарніцы — ва ўмеранай зоне.

Гэты крытэрый паказвае на прыстасаванасць віду да пэўнага месцапражывання. Але ёсць віды, якія не маюць дакладных граніц рассялення, а пражываюць практычна паўсюдна (лішайнікі, бактэрыі). У некаторых відаў арэал супадае з арэалам чалавека. Такія віды называюцца *сінантропнымі* (пакаёвая муха, пасцельны клоп, дамавая мыш, шэры пацук). У розных відаў месцапражыванні могуць супадаць. Значыць, і гэты крытэрый мае адносны характар. Ён не можа выкарыстоўвацца ў якасці адзінага для вызначэння відавой прыналежнасці асобін.

Такім чынам, ні адзін з апісаных крытэрыяў не з'яўляецца абсалютным і ўніверсальным. Таму пры вызначэнні прыналежнасці асобіны да пэўнага віду неабходна ўлічваць усе яго крытэрыі.

Арэал віду. Паняцце аб эндэміках і касмапалітах. У адпаведнасці з геаграфічным крытэрыем кожны від у прыродзе займае пэўную тэрыторыю — арэал.

Арэал (ад лац. *area* — плошча, прастора) — ***частка зямной паверхні, у межах якой распаўсюджаны і праходзяць поўны цыкл свайго развіцця асобіны дадзенага віду.***

Арэал можа быць *суцэльным* або *перарывістым* (мал. 20, с. 52), *вялікім* або *абмежаваным*. Віды, якія маюць вялікі арэал у межах розных кантынентаў, называюцца ***відамі-касмапалітамі*** (некаторыя віды пратыстаў, бактэрый, грыбоў, лішайнікаў). Калі арэал распаўсюджвання вельмі вузкі і знаходзіцца ў межах невялікага рэгіёна, то від, які яго насяляе, называецца ***эндэмікам*** (ад грэч. *éndēmos* — мясцовы).

Напрыклад, кенгуру, яхідна і качканос пражываюць толькі ў Аўстраліі. Гінкга ў прыродных умовах расце толькі ў Кітаі, рададэндрон востраканцовы і лілія даурская — толькі на Далёкім Усходзе.

Суцэльны

Таежны арэал шчура

Міжземнаморскі арэал чырвананосага нырца

Перарывісты

Арэал крумкача

Мал. 20. Віды арэалаў

Від — сукупнасць асобін, якія падобны па марфалагічных, фізіялагічных і біяхімічных прыкметах, свабодна скрыжоўваюцца і даюць пладавітае патомства, прыстасаваны да пэўных умоў асяроддзя і займаюць у прыродзе агульную тэрыторыю — арэал. Для кожнага віду характэрны наступныя крытэрыі: марфалагічны, фізіялагічны, біяхімічны, генетычны, экалагічны, геаграфічны. Усе яны носяць адносны характар, таму пры вызначэнні відавой прыналежнасці асобін выкарыстоўваюцца ўсе магчымыя крытэрыі.

1. Пералічыце крытэрыі віду. Які з іх самы надзейны, а які — самы ненадзейны? Адказ абгрунтуйце. **2.** У прыведзеным ніжэй спісе жывёл вызначце сінантропныя віды: вожык звычайны, заяц бяляк, муха пакаёвая, мядзведзь буры, пацук шэры, палёўка, таракан, пасцельны клоп. **3.** Вызначце, якія з пералічаных ніжэй відаў называюцца эндэмікамі: яхідна, заяц русак, кенгуру, сасна звычайная, качканос, гінкга, воўк. **4.** Якія крытэрыі віду можна вызначыць па назвах наступных груп відаў: 1) мыш дамавая, муха пакаёвая, клоп пасцельны; 2) мядзведзь буры, заяц бяляк, пацук шэры, мядзведзь белы? Якую агульную назву можна даць відам першай групы? Чаму віды гэтай групы з'яўляюцца доказам адноснасці дадзенага крытэрыя?

§ 12. Уласцівасці папуляцыі

Паняцце папуляцыі. Кожны від засяляе арэал не проста як вялікая колькасць асобін, а ў выглядзе адносна адасобленых груп рознага маштабу. Фарміраванне гэтых груп з'яўляецца вынікам разнастайнасці абіятычных фактараў і наяўнасці розных перашкод (рэкі, горы) у межах арэала. Такія групы асобін, якія нераўнацэнныя па шэрагу прыкмет і насяляюць розныя па ўмовах участкі арэала, былі названы ***папуляцыямі***. Тэрмін «папуляцыя» (ад лац. *populus* — народ, насельніцтва) увёў у экалогію дацкі біёлаг В. Іагансен у 1903 г.

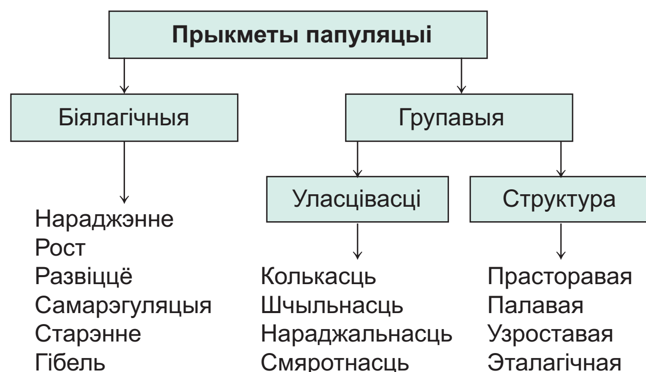
Папуляцыя — здольная да самарэгуляцыі група асобін аднаго віду, якія пражываюць на агульнай тэрыторыі, свабодна скрыжоўваюцца паміж сабой і даюць пладавітае патомства.

Папуляцыя — гэта форма існавання віду ў прасторы.

Як біялагічная сістэма, папуляцыя мае свае ўласныя прыкметы (*групавыя прыкметы*). Але паколькі яна складаецца з асобін, то ёй уласцівы і прыкметы асобін (*біялагічныя прыкметы*), якія характарызуюць стадыі іх жыццёвага цыклу. Любая папуляцыя ў прыродзе існуе абмежаваны час. Гэты інтэрвал часу можна назваць жыццёвым цыклам папуляцыі, паколькі ён уключае тыя ж стадыі, што і жыццёвы цыкл арганізма. Аднак прыкметы папуляцыі, якія характарызуюць стадыі яе жыццёвага цыкла, не дазваляюць атрымліваць уяўленне аб ёй як аб самастойнай біялагічнай сістэме. Разнастайнасць прыкмет папуляцыі можна паказаць з дапамогай наступнай схемы на старонцы 54.

Групавыя прыкметы дазваляюць чалавеку прагназаваць будучыню папуляцыі і правільна будаваць з ёй узаемаадносіны. Разгледзім характарыстыку ўласцівасцей папуляцый.

Колькасць — агульная колькасць асобін на ўчастку арэала з аднароднымі экалагічнымі ўмовамі. Колькасць папуляцыі пастаянна змяняецца, але яе ваганні абмяжоўваюцца верхняй і ніжняй межамі. Выхад за гэтыя межы можа прывесці да гібелі папуляцыі.



Верхняя мяжа колькасці — максімальная колькасць асобін, здольных існаваць у дадзенай частцы арэала. Яна залежыць ад колькасці корму, плошчы займаемай тэрыторыі і сілы ўздзеяння экалагічных фактараў. Калі колькасць дасягае верхняй мяжы, то пачынаецца гібель асобін з-за недахопу корму. Узнікаюць эпідэміі з-за павышанай кантактнасці, што ў канчатковым выніку можа прывесці да гібелі ўсёй папуляцыі. Значыць, калі колькасць блізкая да верхняй мяжы, то частку асобін трэба выключыць з папуляцыі. Гэта можа быць перасяленне на свабодную тэрыторыю, выкарыстанне ў гаспадарчых мэтах, санітарны адстрэл або высечка.

Ніжняя мяжа колькасці — мінімальная колькасць асобін, здольных забяспечыць працяглае існаванне папуляцыі. Яна залежыць ад біялагічных уласцівасцей арганізмаў і з'яўляецца велічынёй пастаяннай для ўсіх папуляцый у межах віду. Зніжэнне колькасці ніжэй ніжняй мяжы з'яўляецца прычынай зніжэння магчымасці сустрэчы полаў для размнажэння асобін. Гэта непазбежна вядзе да вымірання папуляцыі. Вось чаму папуляцыі з вельмі малой колькасцю асобін доўга існаваць не могуць. Вядомы выпадкі вымірання папуляцый нават у запаведніках са строгім рэжымам аховы, калі іх колькасць зніжалася ніжэй ніжняй мяжы. Значыць, калі колькасць набліжаецца да ніжняй мяжы, трэба ахоўваць папуляцыю або ўсяляць новыя асобіны, каб не дапусціць зніжэння колькасці ніжэй ніжняй мяжы.

Усім папуляцыям уласцівы перыядычныя (сезонныя) ваганні колькасці пад уплывам біятычных і абіятычных фактараў асяроддзя (*папуляцыйныя хвалі*, або *хвалі жыцця*).

Шчыльнасць — колькасць асобін папуляцыі на адзінку плошчы. Гэты паказчык прама прапарцыянальны колькасці. Пры павелічэнні колькасці шчыльнасць не павышаецца або нават зніжаецца толькі ў тым выпадку, калі ёсць маг-

чымасць рассялення асобін у выніку расшырэння арэала. Адрозніваюць два віды шчыльнасці.

Сярэдняя шчыльнасць — колькасць асобін з разліку на адзінку плошчы ўсёй займаемай тэрыторыі.

Экалагічная (удзельная) шчыльнасць — колькасць асобін з разліку на адзінку плошчы тэрыторыі, прыгоднай для пражывання. Шчыльнасць, як і колькасць, мае верхнюю і ніжнюю межы, таму прагноз для папуляцыі можна даваць і на аснове шчыльнасці.

Нараджальнасць — колькасць асобін, якія з'явіліся ў папуляцыі ў адзінку часу за кошт размнажэння асобін. У курсе геаграфіі вы пазнаёміліся з паняццем «нараджальнасць» пры вывучэнні прычын натуральнага змянення колькасці насельніцтва. Нараджальнасць з'яўляецца важнай дэмаграфічнай характарыстыкай. У экалогіі пад нараджальнасцю разумеюць любы спосаб з'яўлення новых асобін (дзяленне клеткі, прарастанне насення, вылупліванне з яец, жыванараджэнне і г. д.). Для папуляцыі можна различыць абсалютную і ўдзельную нараджальнасць. ***Абсалютная нараджальнасць*** — адносіны колькасці патомкаў да перыяду часу, за які яны з'явіліся. ***Удзельная нараджальнасць*** — колькасць асобін, якія з'явіліся за адзінку часу з разліку на адну асобіну папуляцыі.

Як правіла, пры павышэнні нараджальнасці колькасць папуляцыі павялічваецца. Але часам у папуляцыі адзначаецца высокая нараджальнасць, а колькасць асобін у ёй застаецца ранейшай або нават зніжаецца. Гэта можа быць звязана з высокай смяротнасцю асобін або з якімі-небудзь іншымі прычынамі (напрыклад, з рассяленнем асобін на новыя тэрыторыі).

Смяротнасць — колькасць асобін, якія загінулі за адзінку часу. Яна з'яўляецца адной з характарыстык дэмаграфічных працэсаў. Смяротнасць па характары ўплыву на колькасць прыродных папуляцый з'яўляецца ўласцівасцю, супрацьлеглай нараджальнасці. Але ахарактарызаваць яе можна аналагічнымі па спосабу разліку паказчыкамі: ***абсалютнай смяротнасцю*** і ***ўдзельнай смяротнасцю***. Павелічэнне смяротнасці, як правіла, прыводзіць да зніжэння колькасці папуляцыі і сведчыць аб неспрыяльным уздзеянні фактараў навакольнага асяроддзя.

Суадносіны паміж нараджальнасцю і смяротнасцю вызначаюць *скорасць росту колькасці папуляцыі*. Калі паказчык нараджальнасці ніжэй за паказчык смяротнасці, то колькасць папуляцыі зніжаецца (*адмоўны рост колькасці*), і ёй патрэбна ахова. Наадварот, калі смяротнасць ніжэй за нараджальнасць, то колькасць папуляцыі павялічваецца (*станоўчы рост колькасці*), і з яе магчыма выключэнне асобін. У выпадку роўнасці нараджальнасці і смяротнасці колькасць папуляцыі падтрымліваецца на пастаянным узроўні, і папуляцыя з'яўляецца стабільнай.

Папуляцыя — гэта здольная да самарэгуляцыі група асобін аднаго віду, якія пражываюць на агульнай тэрыторыі, свабодна скрыжоўваюцца паміж сабой і даюць пладавітае патомства. Любая папуляцыя мае біялагічныя і групавыя прыкметы. Да ўласцівасцей папуляцыі адносяцца колькасць, шчыльнасць, нараджальнасць і смяротнасць.

1. Растлумачце, чаму папуляцыя валодае і біялагічнымі, і групавымі прыкметамі. Пералічыце ўласцівасці папуляцыі. **2.** Зімой, калі ўстанаўліваецца лёд, зайцы, якія жывуць на розных берагах ракі, сустракаюцца і скрыжоўваюцца. Як можна назваць групы зайцоў з розных берагоў: дзве папуляцыі двух відаў, дзве папуляцыі аднаго віду або дзве групы адной папуляцыі? **3.** Колькі відаў і колькі папуляцый можна налічыць у наступных спалучэннях асобін: мышы палявыя і мышы лясныя; расліны рабіны звычайнай у лесе і ў парку; расліны сасны звычайнай у цэнтры лесу і на яго ўскрайку? **4.** Чаму папуляцыя можа загінуць, калі яе колькасць выйдзе за верхнюю або ніжнюю межы? Прывядзіце прыклады з жыцця. Якія меры трэба прыняць, каб гэтага не адбылося? **5.** У адным з паркаў 20 сямей гракоў адклалі за 2 гады 160 яец. З іх вылупілася і аперылася толькі 80 птушанят. Разлічыце для дадзенай папуляцыі абсалютную і ўдзельную нараджальнасць. Што будзе з колькасцю папуляцыі, калі абсалютная смяротнасць за гэты перыяд будзе складаць 60 асобін у год?

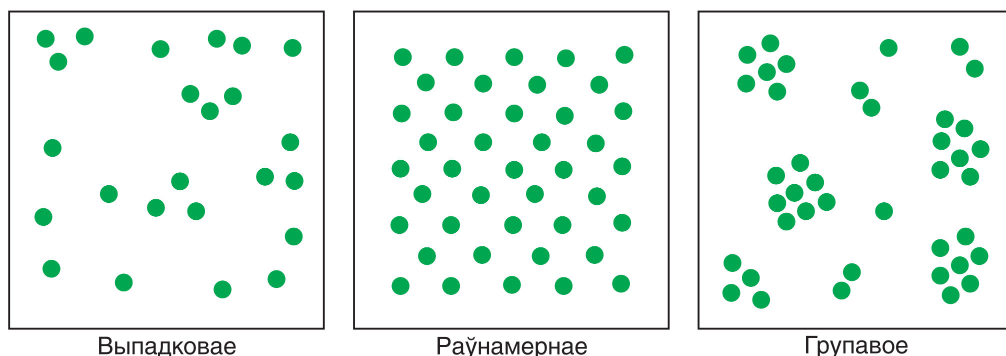
§ 13. Структура папуляцыі

Структура папуляцыі — суадносіны асобін па якой-небудзь прыкмеце або па характары іх размеркавання ў асяроддзі пражывання. Адрозніваюць прасторавую, палавую, узроставую і эталагічную (паводзінскую) структуры папуляцыі.

Прасторавая структура — характар размеркавання асобін папуляцыі на занятай тэрыторыі. У прыродзе папуляцыям уласцівы тры тыпы прасторавага размеркавання асобін: выпадковае, раўнамернае, групавое (мал. 21). Яны фарміруюцца ў залежнасці ад ступені неаднароднасці асяроддзя пражывання, біялагічных асаблівасцей віду і паводзін асобін.

Выпадковае размеркаванне адбываецца, калі асяроддзе пражывання адносна аднароднае па экалагічных умовах. Пры гэтым колькасць асобін у папуляцыі невялікая, і біялагічныя асаблівасці віду не дазваляюць ім утвараць групы. Напрыклад, у белай планарыі, прэснаводнага паліпа гідры, павукоў, двухстворкавых малюскаў адзначаецца выпадковае размеркаванне.

Раўнамернае размеркаванне назіраецца ў відаў, якія жорстка канкурыруюць за харчовыя рэсурсы і тэрыторыю. Тэндэнцыя да раўнамернага размеркавання асобін у некаторых жывёл можа быць абумоўлена мечаннем і аховай месцаў пражывання. У прыродзе раўнамернае размеркаванне сустракаецца даволі рэд-



Мал. 21. Тыпы прасторавага размеркавання асобін у папуляцыях

ка. Напрыклад, кусты ў пустыні, канкурыруючы за вільгаць, размеркаваны даволі раўнамерна. Падтрымліваюць паміж сабой пэўную дыстанцыю некаторыя віды драпежных рыб, птушак і млекакормячых, якія ахоўваюць свае кармавыя тэрыторыі.

Групавое размеркаванне найбольш распаўсюджана ў прыродзе. Неаднароднасць асяроддзя, абмежаванасць месцаў пражывання, біялагічныя асаблівасці віду, спосабы размнажэння могуць прыводзіць да аб'яднання асобін у групы. Групавое размеркаванне ў раслін абумоўлена іх спосабамі размнажэння і распаўсюджвання насення і пладоў. Напрыклад, некаторыя расліны ўтвараюць буйныя, цяжкія плады (арэх ляшчыны, жолуд дуба), якія падаюць побач з дрэвам і тут жа прарастаюць, утвараючы групы. Пры вегетатыўным размнажэнні карэнішчамі ў раслін таксама фарміруюцца групы (пырнік паўзучы, ландыш майскі, канюшына паўзучая).

У многіх млекакормячых і птушак назіраюцца сацыяльныя паводзіны, якія прыводзяць да ўтварэння груп з сацыяльнай іерархіяй (чароды, статкі, калоніі, табуны, сем'і, гарэмы). Выжывальнасць асобін у групе павышаецца дзякуючы лепшым магчымасцям для аховы ад ворагаў, выяўленню корму, процідзеянню неспрыяльным фактарам асяроддзя, фарміраванню мікраклімату. Напрыклад, зграям ваўкоў лягчэй паляваць, а табуну коней — абараняцца ад ваўкоў. Чарадзе гракоў прасцей ратавацца ад ястраба, касяку дробных рыб — ад буйных драпежных рыб. Пінгвіны ў калоніі, утвараючы плотную масу, лягчэй пераносяць холад. У сем'ях птушак і млекакормячых дзякуючы клопату бацькоў павышаецца выжывальнасць патомства. Група раслін здольна лепш процістаяць ветру, эфектыўней выкарыстоўваць ваду.

Палавая структура — суадносіны колькасці асобін рознага полу ў папуляцыі. З курса геаграфіі Беларусі вы ведаеце аб залежнасці суадносін мужчынскага

і жаночага насельніцтва Беларусі ад узроставай катэгорыі людзей, а таксама аб яго змяненні ў сувязі з Вялікай Айчыннай вайной.

У прыродных папуляцыях пры палавым размнажэнні ў момант апладнення суадносіны зігот па палавой прыналежнасці, як правіла, блізкія да 1 : 1 — гэта ***першасныя суадносіны полаў***. У далейшым суадносіны полаў на эмбрыянальнай стадыі могуць мяняцца ў залежнасці ад розных фактараў асяроддзя. Напрыклад, змяненне суадносін полаў на эмбрыянальным этапе развіцця адзначаецца ў тутавага шаўкапрада. Пол асобіны ў яго залежыць ад тэмпературы навакольнага асяроддзя. Гэтую асаблівасць выкарыстоўвае ў шаўкаводстве чалавек. Паколькі ў коканах, завіваемых самцамі, шоўку на 25 % больш, то для атрымання большай колькасці самцоў яйцы вытрымліваюць пры тэмпературы, спрыяльнай для іх развіцця.

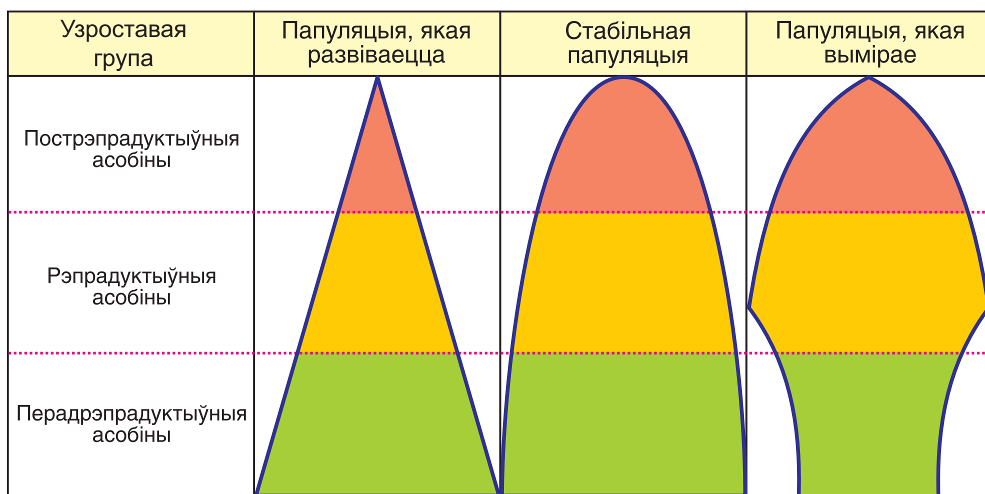
Такім чынам, у эмбрыянальны перыяд на генетычную абумоўленасць полу накладваецца ўплыў фактараў асяроддзя, што прыводзіць да фарміравання ***другасных суадносін полаў***.

Да моманту палавога выспявання суадносіны полаў мяняюцца і фарміруюцца ***трацічныя суадносіны полаў***. Яны залежаць ад устойлівасці асобін рознага полу да фактараў асяроддзя, што звязана з фізіялагічнымі, экалагічнымі, паводзінскімі і іншымі асаблівасцямі самцоў і самак. Так, у папуляцыях фазанаў, вялікіх сініц, крыжанак адзначаецца перавага колькасці самак, а ў папуляцыях пінгвінаў, наадварот, пераважаюць самцы.

Суадносіны асобін рознага полу і асабліва доля самак, якія размнажаюцца, значна ўплываюць на колькасць, шчыльнасць, нараджальнасць папуляцыі. Таму азначэнне палавой структуры дазваляе чалавеку прагназаваць будучыню папуляцыі і правільна будаваць з ёй узаемаадносіны.

Узроставая структура — суадносіны ў папуляцыі ўзроставых груп асобін, якія адрозніваюцца па здольнасці да ўзнаўлення. У прыродных папуляцыях жывёл вылучаюць тры ўзроставыя групы. ***Перадрэпрадуктыўныя асобіны*** — маладыя асобіны, якія не дасягнулі палавога выспявання і яшчэ не здольны даваць патомства. ***Рэпрадуктыўныя асобіны*** — палаваспелыя асобіны, якія размнажаюцца. ***Пострэпрадуктыўныя асобіны*** — старыя асобіны, якія страцілі функцыю размнажэння і ўжо не даюць патомства.

Працягласць існавання кожнай узроставай групы ў адносінах да працягласці жыцця пакалення моцна вар'іруе ў розных арганізмаў. У сучаснага чалавека гэтыя тры ўзроставыя перыяды па працягласці прыкладна аднолькавыя. У першабытных людзей пострэпрадуктыўны перыяд быў значна карацейшым, чым цяпер. Перадрэпрадуктыўны перыяд у некаторых арганізмаў вельмі працяглы ў параўнанні з астатнімі. Напрыклад, у цыкад ён доўжыцца 17 гадоў, у той час як рэпрадуктыўны перыяд працягваецца толькі адзін летні сезон, а пострэпрадуктыўны ўвогуле адсутнічае. Адсутнасць пострэпрадуктыўнага перыяду назіраецца ў некаторых насякомых (аўсянікі) і рыб (ласосевыя).



Мал. 22. Тыпы ўзроставых пірамід у папуляцыях жывёл

Колькасныя суадносіны розных узроставых груп у папуляцыях жывёл выражаюць з дапамогай узроставых пірамід (мал. 22). Яны дазваляюць прагназаваць далейшае змяненне колькасці папуляцыі. Папуляцыя з вялікай доляй перадрэпрадуктыўных асобін будзе мець узроставую піраміду з шырокай асновай. Такая папуляцыя будзе павялічваць сваю колькасць. Яна называецца *папуляцыяй, якая развіваецца*, або *расце*. Пры раўнамерным размеркаванні асобін па ўзроставых групах папуляцыя знаходзіцца ў *стабільным* стане. Пры малой долі перадрэпрадуктыўных асобін папуляцыя будзе мець узроставую піраміду з вузкай асновай. Яе колькасць будзе зніжацца. Такая папуляцыя называецца *выміраючай* або *старэючай*. Яна патрабуе аховы або дадатковага ўсялення асобін.

Узроставыя адрозненні ў папуляцыі істотна ўзмацняюць яе экалагічную неаднароднасць, г. зн. забяспечваюць асобінам неаднолькавую супраціўляльнасць да асяроддзя. Узроставая структура папуляцыі мае прыстасавальны характар. Яна фарміруецца на аснове біялагічных уласцівасцей віду, але заўсёды адлюстроўвае і сілу ўздзеяння фактараў навакольнага асяроддзя. Узроставая структура папуляцыі ўплывае як на нараджальнасць, так і на смяротнасць у дадзены момант і паказвае, што можа адбыцца з папуляцыяй у будучыні.

Вывучэнне суадносін узроставых груп у папуляцыі мае практычнае значэнне для чалавека. Яно дазваляе ацаніць, якую ўзроставую групу і ў якім аб’ёме можна выкарыстаць. Або наадварот, якая ўзроставая група асобін у найбольшай ступені патрабуе аховы.

Мал. 23. Парадак размеркавання асобін у статку павіянаў: першае кола ўтвараюць самцы, другое — самкі, у цэнтры — маладняк

Эталагічная (паводзінская) структура — суадносіны асобін паводле тыпу паводзінскіх рэакцый. Гэтая структура характэрна для жывёл. Пры вывучэнні біялогіі ў 8-м класе вы пазнаёміліся з разнастайнасцю паводзінскіх рэакцый розных жывёл. У некаторых папуляцыях асобіны вядуць адзіночны спосаб жыцця. Па паводзінах яны раўназначныя і не залежаць адзін ад другога (божыя кароўкі, жужалі, матылі). У большасці выпадкаў асобіны аб'ядноўваюцца ў сацыяльныя групы — сем'і, калоніі, статкі, чароды і інш. Пры сямейным спосабе жыцця ў птушак і млекакормячых паводзіны бацькоў адрозніваюцца ў залежнасці ад таго, хто з іх даглядае патомства. У сувязі з гэтым адрозніваюць сем'і *бацькоўскага, мацярынскага* і *змешанага* тыпаў. У калоніях пчол, тэрмітаў, мурашак эталагічныя групы фарміруюцца ў выніку раздзялення працы і спецыялізацыі асобін.

Найбольш складаная эталагічная структура адзначаецца ў чародах і статках, дзе мае месца сістэма «дамінавання-падпарадкавання». У розных відаў жывёл яна залежыць ад тыпу іерархіі. Пры іерархічнай арганізацыі папуляцый асобінам уласцівы заканамерны парадак перамяшчэння, размяшчэння на адпачынак, пэўная арганізацыя пры ахове ад ворагаў (мал. 23).

Для папуляцый характэрны прасторавая, палавая, узроставая і эталагічная структуры. Прасторавая структура — выпадковае, раўнамернае або групавое размеркаванне асобін. Палавая структура — першасныя, другасныя або трацічныя суадносіны полаў. Узроставая структура — суадносіны перадрэпрадуктыўных, рэпрадуктыўных і пострэпрадуктыўных асобін. Эталагічная структура — суадносіны асобін, якія адрозніваюцца паводле комплексу паводзінскіх рэакцый.

1. Назавіце тыпы прасторавай структуры папуляцый і прычыны іх фарміравання. **2.** У папуляцыях якіх арганізмаў ёсць групавое размеркаванне: пырнік, гідра, асіна, воўк, планарыя, ландыш, грак? **3.** Чаму змяняюцца суадносіны полаў у папуляцыях на розных стадыях жыццёвага цыклу асобін? **4.** Прывядзіце прыклады розных тыпаў эталагічнай структуры ў сацыяльных групах жывёл. **5.** Якое значэнне для гаспадарчай і прыродаахоўнай дзейнасці чалавека мае значэнне ўзроставая структура папуляцый? **6.** Складзіце план мерапрыемстваў у адносінах да дзвюх папуляцый прамысловых рыб, якія пражываюць у розных вадаёмах і маюць розную ўзроставую структуру. У адной папуляцыі ўзроставая піраміда з шырокай асновай, а ў другой — з вузкай. **7.** Дзве папуляцыі паўночных аленяў апынуліся ў розных умовах асяроддзя, што паўплывала на іх узроставую структуру. У першай папуляцыі было 140 перадрэпрадуктыўных асобін, 80 асобін рэпрадуктыўнага і 40 асобін пострэпрадуктыўнага ўзросту. У другой папуляцыі аказалася 60 перадрэпрадуктыўных, 140 рэпрадуктыўных і 80 пострэпрадуктыўных асобін. Пабудуйце ўзроставыя піраміды, выкарыстоўваючы маштаб 1 см = 20 асобін. Дайце прагноз на будучыню гэтых папуляцый. Вызначце, што павінен зрабіць чалавек у адносінах да кожнай з папуляцый, каб яны захавалі сваё існаванне.

§ 14. Дынаміка колькасці папуляцый і яе рэгуляцыя

Прычыны і тыпы дынамікі колькасці папуляцыі. Уся сукупнасць фактараў асяроддзя ў прыродзе пастаянна змяняецца і выклікае ваганні колькасці папуляцый. Дыяпазон ваганняў колькасці залежыць ад ступені зменлівасці абіятычных, антрапагенных і біятычных фактараў асяроддзя, а таксама ад біялагічных асаблівасцей віду. Змяненне колькасці папуляцыі ў часе называецца ***дынамікай колькасці***. Адрозніваюць два тыпы дынамікі папуляцый: перыядычныя і неперыядычныя ваганні колькасці.

Перыядычныя ваганні колькасці (*папуляцыйныя хвалі, або хвалі жыцця*) адбываюцца пераважна пад уплывам фактараў асяроддзя (асабліва харчовых рэсурсаў), якія заканамерна змяняюцца пры змене сезонаў. Яны могуць быць звязаны і з асаблівасцямі жыццёвага цыклу (размнажэнне ў пэўную пару года) асобін самой папуляцыі. У некаторых відаў млекакормячых, птушак, рыб, насякомых, раслін назіраецца дакладна выражанае рэгулярнае чаргаванне ўсплёскаў і спадаў колькасці.

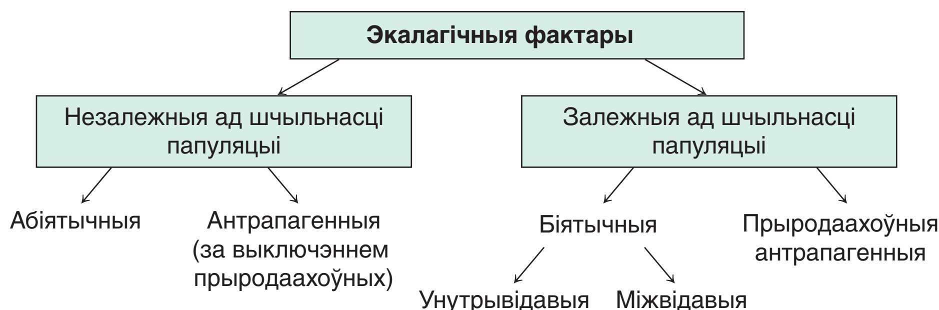
Напрыклад, у многіх насякомых, аднагадовых раслін з'яўленне патомства адбываецца ў вясенні перыяд. А з наступленнем зімы колькасць дарослых асобін можа зніжацца да нуля. Шырыня амплітуды вагання колькасці залежыць ад ступені забяспечанасці патомства кормам. Так, у чыстых аднапародных лясах колькасць насякомых-шкоднікаў можа рэгулярна павялічвацца ў тысячы разоў. Тады як у змешаных лясах у гэтай жа папуляцыі колькасць будзе вагацца нязначна.

У эвалюцыйнай тэорыі папуляцыйныя хвалі разглядаюцца як адзін з фактараў эвалюцыі.

У многіх відаў працэс размнажэння і ступень забяспечанасці кормам не прымеркаваны да пэўнай пары года, а залежаць ад дынамікі экалагічных фактараў на працягу сезона або на працягу года. У папуляцыях такіх відаў назіраюцца *неперыядычныя ваганні колькасці*.

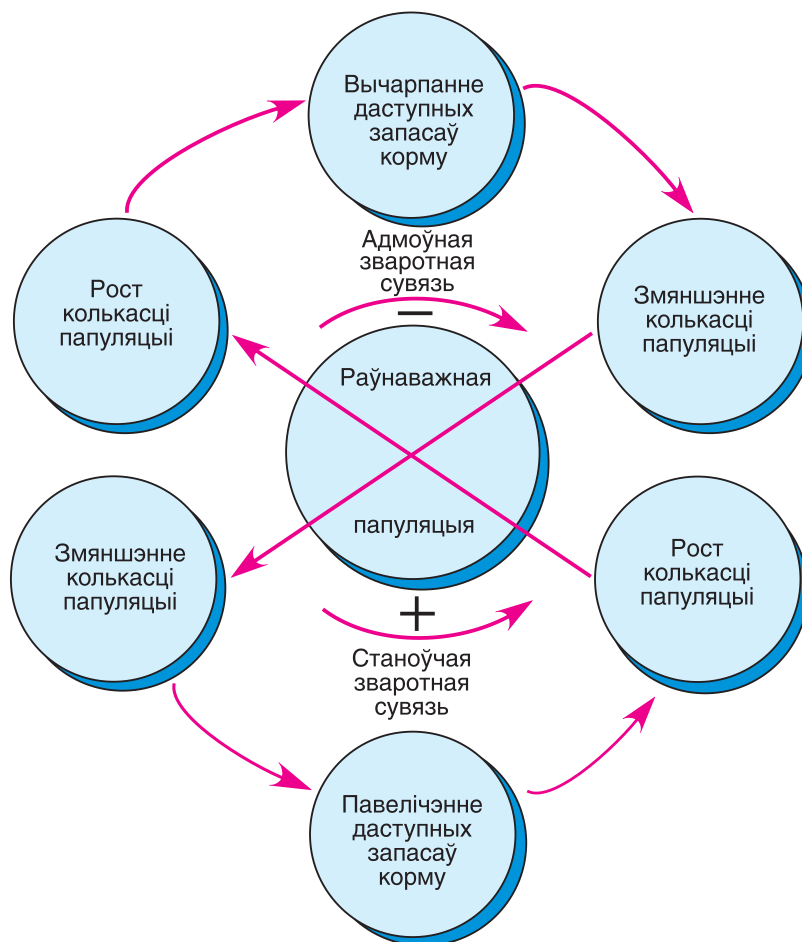
Фактары рэгуляцыі колькасці папуляцыі. У прыродных сістэмах з нізкім узроўнем відавой разнастайнасці колькасць папуляцый падвяргаецца моцнаму ўздзеянню абіятычных і антрапагенных фактараў. Яна залежыць ад надвор'я, хімічнага саставу асяроддзя і ступені яго забруджвання. У сістэмах з высокім узроўнем відавой разнастайнасці ваганні колькасці папуляцый у асноўным кантралююцца біятычнымі фактарамі.

Усе экалагічныя фактары ў залежнасці ад характару іх уплыву на колькасць папуляцыі можна раздзяліць на дзве групы (гл. схему).



Фактары, незалежныя ад шчыльнасці папуляцыі, змяняюць колькасць папуляцый у адным напрамку незалежна ад колькасці асобін у іх. Абіятычныя і антрапагенныя (за выключэннем прыродаахоўнай дзейнасці чалавека) фактары ўплываюць на колькасць асобін незалежна ад шчыльнасці папуляцыі. Так, суровыя зімы зніжаюць колькасць папуляцый пайкілатэрмных жывёл (змей, жаб, яшчарак). Тоўсты слой лёду і адсутнасць пад ільдом дастатковай колькасці кіслароду зніжаюць колькасць папуляцый рыб зімой. Сухое лета і восень з наступнай марознай зімой памяншаюць колькасць папуляцыі каларадскага жука. Некантралюемы адстрэл жывёл або адлоў рыбы зніжаюць аднаўленчыя магчымасці іх папуляцый. Высокія канцэнтрацыі забруджвальнікаў у навакольным асяроддзі адмоўна ўплываюць на колькасць усіх адчувальных да іх відаў.

Фактары, залежныя ад шчыльнасці папуляцыі, змяняюць яе колькасць у бок аптымальнага ўзроўню і папярэджваюць перанасяленне, таму іх яшчэ называюць рэгулюючымі фактарамі. Да іх адносяцца біятычныя і прыродаахоўныя антрапагенныя фактары. Залежнымі ад шчыльнасці фактарамі з'яўляюцца: запасы кармавых рэсурсаў (мал. 24), наяўнасць прыродных ворагаў, розныя віды прыродаахоўнай дзейнасці і інш. Так, колькасць папуляцый змяняецца адваротна



Мал. 24. Схема рэгуляцыі колькасці папуляцыі жывёл пад дзеяннем фактара, залежнага ад шчыльнасці папуляцыі (запасы кармавых рэсурсаў)

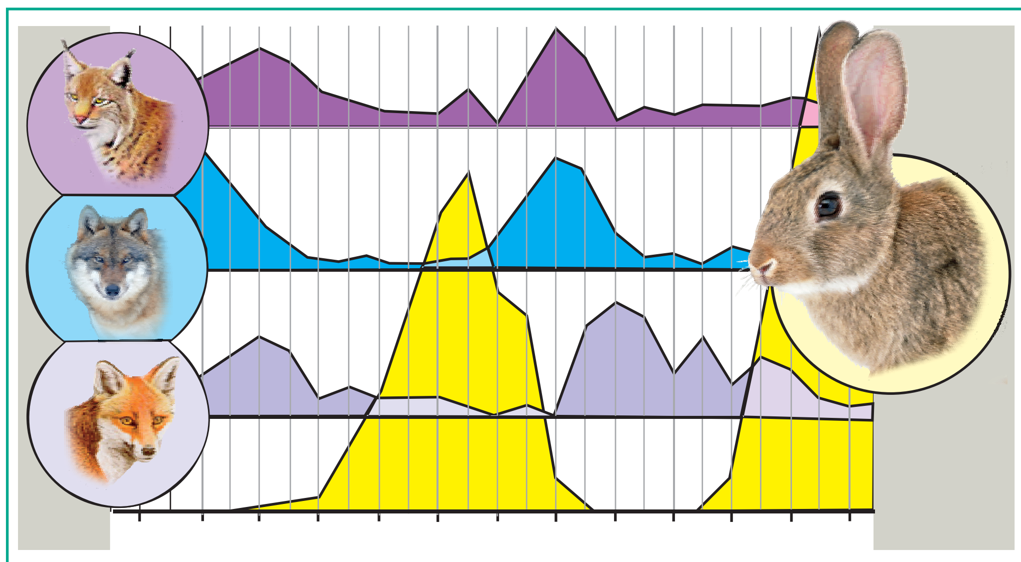
прапарцыянальна колькасці драпежнікаў, паразітаў, узбуджальнікаў хвароб і прама прапарцыянальна запасу кармавых рэсурсаў. Такім чынам, іх наяўнасць у асяроддзі пражывання згладжвае рэзкія ваганні колькасці папуляцыі і садзейнічае яе падтрыманню ў раўнаважным стане.

Ёмістасць асяроддзя (максімальная колькасць папуляцыі) вызначаецца магчымасцю асяроддзя забяспечыць папуляцыю неабходнымі рэсурсамі: кормам, сховішчам, асобінамі процілеглага полу і г. д. Калі колькасць папуляцыі набліжаецца да ёмістасці асяроддзя, узнікае недахоп корму ў выніку яго ўзмоцненага выядання. І тады прыводзіцца ў дзеянне механізм рэгуляцыі колькасці папуляцыі

праз *унутрывідавую канкурэнцыю за рэсурс*. Калі шчыльнасць папуляцыі высокая — яе рэгулюе павышэнне смяротнасці ў выніку абвастрэння канкурэнцыі. Частка асобін гіне або з-за недахопу корму (траваедныя жывёлы), або ў выніку біялагічнай або хімічнай вайны. Павышэнне смяротнасці прыводзіць да зніжэння шчыльнасці. Калі шчыльнасць папуляцыі нізкая — адбываецца яе папаўненне за кошт павелічэння нараджальнасці ў выніку аднаўлення кармавых рэсурсаў і аслаблення канкурэнцыі.

Біялагічная вайна — гэта знішчэнне канкурэнтаў унутры папуляцыі шляхам прамога нападу (драпежнікі аднаго віду). Рэзкае зніжэнне кармавых рэсурсаў можа прыводзіць да ўзнікнення канібалізму (паяданне сабе падобных). *Хімічная вайна* — гэта выдзяленне хімічных рэчываў, якія затрымліваюць рост і развіццё або забіваюць маладых асобін (расліны, водныя жывёлы). Праяўленне хімічнай вайны можна назіраць на прыкладзе развіцця апалонікаў. Пры высокай шчыльнасці больш буйныя апалонікі выдзяляюць у ваду рэчывы, якія прыгнятаюць рост дробных асобін. Таму завяршаюць сваё развіццё толькі буйныя апалонікі. Пасля гэтага пачынаюць расці дробныя апалонікі.

Рэгуляцыя колькасці папуляцыі праз колькасць кармавых рэсурсаў дакладна прасочваецца на прыкладзе ўзаемадзеяння папуляцый драпежніка і ахвяры. Яны аказваюць узаемны ўплыў на колькасць і шчыльнасць адна другой, выклікаючы неаднаразовыя пад'ёмы і спады колькасці абедзвюх папуляцый у розныя гады. Прычым у гэтай сістэме ваганняў павелічэння колькасці драпежніка адстаюць па фазе ад павелічэння колькасці ахвяры (мал. 25).



Мал. 25. Дынаміка колькасці драпежнікаў і іх ахвяры

Прыкладна па такім жа механізме пры паразітызме ажыццяўляецца ўзаемная рэгуляцыя колькасці папуляцый паразіта і гаспадара. Пры павышэнні шчыльнасці папуляцыі арганізмаў-гаспадароў аблягчаецца перадача ўзбуджальнікаў ад адной асобіны да другой, г. зн. павялічваецца частата кантактаў. У выніку ўзнікае ўспышка захворвання, якая прыводзіць да павелічэння смяротнасці. Зніжэнне шчыльнасці папуляцыі гаспадара перашкаджае пераносу ўзбуджальніка, і здаровыя асобіны пачынаюць размнажацца. Значыць, драпежнікі і паразіты ў прыродзе адыгрываюць рэгулюючую ролю, перашкаджаюць празмернаму росту колькасці іншых папуляцый. Поўнае іх знішчэнне можа прывесці да парушэння раўнавагі ў прыродных сістэмах.

Важным механізмам рэгуляцыі колькасці ў пераўшчыльненых папуляцыях з'яўляецца *стрэс-рэакцыя*. Павышэнне шчыльнасці папуляцыі можа прыводзіць да павелічэння частаты сустрэч паміж асобінамі, што выклікае ў іх такія фізіялагічныя змяненні, якія вядуць або да зніжэння нараджальнасці, або да павелічэння смяротнасці, што з'яўляецца прычынай памяншэння колькасці папуляцыі. Стрэс не выклікае незваротных змен у арганізме, а толькі прыводзіць да часовага блакіравання некаторых функцый арганізма. Пры ліквідацыі перанаселенасці здольнасць да размнажэння хутка аднаўляецца.

Усе залежныя ад шчыльнасці папуляцыі механізмы рэгуляцыі колькасці ўключаюцца да таго, як адбудзецца поўнае вычэрпванне рэсурсаў асяроддзя. Дзякуючы гэтаму ў папуляцыях ажыццяўляецца самарэгуляцыя колькасці.

У папуляцый у прыродзе назіраецца два тыпы дынамікі колькасці: перыядычныя і неперыядычныя ваганні. Фактары асяроддзя, якія ўплываюць на колькасць папуляцый, раздзяляюць на: фактары, незалежныя ад шчыльнасці папуляцыі, і фактары, залежныя ад шчыльнасці папуляцыі. Рэгуляцыя колькасці папуляцый у прыродзе ажыццяўляецца пераважна праз канкурэнцыю за рэсурсы, драпежніцтва, паразітызм.

1. Чаму ў прыродзе не можа заставацца пастаяннай колькасць папуляцый? **2.** Назавіце прычыны перыядычных і неперыядычных ваганняў колькасці папуляцый. **3.** Як уплываюць на колькасць папуляцый фактары, незалежныя ад іх шчыльнасці? **4.** Што такое ёмістаць асяроддзя і ад чаго яна залежыць? **5.** У чым заключаецца механізм рэгуляцыі колькасці папуляцыі праз унутрывідавую канкурэнцыю за рэсурс? Намалюйце яго схему. **6.** Чаму ў прыродзе нельга цалкам знішчаць драпежнікаў і паразітаў? Дайце аргументаваны адказ.

Раздзел 3 Экасістэмы

У трэцім раздзеле прыведзена характарыстыка асноўных структурных адзінак жывой прыроды — згуртаванняў (біяцэнозаў) і экасістэм. Спачатку вы пазнаёміцеся з асноўнымі паняццямі раздзела: «біяцэноз», «згуртаванне», «біятоп». Затым вывучыце састаў і структуру біяцэнозу і экасістэмы. Разглядаючы біялагічную прадукцыйнасць экасістэм, вы пазнаёміцеся з рознымі відамі прадукцыі і заканамернасцямі яе размеркавання ў экасістэме. У канцы раздзела разглядаюцца тыпы дынамікі экасістэм, уводзіцца паняцце «сукцэсія». Завяршаецца раздзел параўнальнай характарыстыкай прыродных экасістэм і аграэкасістэм.

§ 15. Біяцэноз і біятоп. Сувязі папуляцый у біяцэнозах

Паняцце біяцэнозу і біятопа. У прыродзе папуляцыі розных відаў, якія існуюць у адным асяроддзі, уступаюць адна з адной у разнастайныя сувязі і ўзаемаадносіны ў залежнасці ад іх патрэб. У выніку ўтвараецца больш складаная біялагічная сістэма — біяцэноз. Гэты тэрмін увёў нямецкі гідрабіёлаг К. Мёбіус у 1877 г.

Біяцэноз (ад грэч. *bíos* — жыццё, *koinós* — агульны) — ***гістарычна складзеная сукупнасць узаемазвязаных папуляцый раслін, жывёл, грыбоў і мікраарганізмаў, якія насяляюць экалагічна аднароднае асяроддзе пражывання.***

Часта ў экалогіі замест тэрміна «біяцэноз» выкарыстоўваецца тэрмін «*згуртаванне*». Біяцэноз (згуртаванне) з'яўляецца асноўным кампанентам прыродных надарганізменных сістэм.

Месца пражывання біяцэнозу — ***біятоп*** (ад грэч. *bíos* — жыццё, *tópos* — месца) — ***участак тэрыторыі з аднароднымі ўмовамі асяроддзя.***

Склад біяцэнозу і біятопа. Складаючымі кампанентамі біяцэнозу з'яўляюцца: фітацэноз, зоацэноз, мікацэноз, мікробацэноз. ***Фітацэноз*** (ад грэч. *phytón* — расліна, *koinós* — агульны) — расліннае згуртаванне, якое расце на пэўнай тэрыторыі і змяняецца як па сезонах, так і па гадах. ***Зоацэноз*** (ад грэч. *zṓon* —

жывёла, *koinós* — агульны) — сукупнасць папуляцый жывёл, якія насяляюць пэўны біятоп. ***Мікацэноз*** (ад грэч. *mýkēs* — грыб, *koinós* — агульны) — згуртаванне розных відаў грыбоў. ***Мікробацэноз*** (ад грэч. *micrós* — малы, *koinós* — агульны) — сукупнасць папуляцый мікраарганізмаў (бактэрый, пратыстаў) і вірусаў.

Мяжа паміж біяцэнозамі вызначаецца па фітацэнозах, якія заўсёды маюць спецыфічныя асаблівасці. Напрыклад, луг рэзка адрозніваецца ад лесу, лес — ад балота, хвойны лес — ад ліставога, бярозавы гай — ад дубровы і г. д. Фітацэноз вызначае відавы састаў зоацэнозу, мікацэнозу і мікробацэнозу, г. зн. з'яўляецца галоўным структурным кампанентам біяцэнозу.

Па паходжанні адрозніваюць першасныя і другасныя біяцэнозы. *Першасныя* біяцэнозы сфарміраваліся ў прыродных умовах у ходзе эвалюцыі (недаступныя ўчасткі тайгі, горныя лясы). Іх кампаненты (арганізмы) адаптаваліся да навакольнага асяроддзя. Гэта надае біяцэнозам дынамічную ўстойлівасць. Да *другасных* адносяцца створаныя або пераўтвораныя чалавекам біяцэнозы (большасць біяцэнозаў на Зямлі).

У курсе геаграфіі вы пазнаёміліся з разнастайнасцю прыродных біяцэнозаў Беларусі. Найбольш тыповымі для нашай краіны з'яўляюцца: хвойныя і змешаныя лясы, бярозавыя гаі, дубровы, заліўныя і сухадольныя лугі, балоты. Усе яны зазнаюць розную ступень уплыву гаспадарчай дзейнасці чалавека. Дзяржавай пастаянна прымаюцца меры па іх ахове.

Біятоп уключае паветра з кліматычнымі фактарамі (***кліматоп***), глебу (***эдафатоп***) і ваду (***гідратоп***). Гэтыя кампаненты ўзаемадзейнічаюць паміж сабой і фарміруюць асяроддзе пражывання біяцэнозу. Біяцэноз сваім існаваннем змяняе стан біятопу. У сваю чаргу біятоп, змяніўшыся, можа ўплываць на відавы склад біяцэнозу.

Сувязі папуляцый у біяцэнозах. Структура біяцэнозу падтрымліваецца ў часе і прасторы за кошт разнастайных сувязей паміж папуляцыямі. Сувязі ўзнікаюць з мэтай задавальнення пэўных патрэб адной папуляцыі за кошт іншай. У залежнасці ад характару патрэб выдзяляюць тыпы сувязей: трафічныя, тапічныя, фарычныя, фабрычныя.

Трафічныя сувязі (ад грэч. *trophḗ* — ежа) — сувязі паміж папуляцыямі, калі асобіны адной папуляцыі атрымліваюць ежу за кошт асобін іншай папуляцыі. Гэта можа адбывацца шляхам з'ядання асобін, жыўлення адмерлымі арганічнымі рэшткамі або прадуктамі жыццядзейнасці асобін іншага віду. Напрыклад, жаба жывіцца насякомымі, бусел — жабамі, дажджавы чарвяк — апалымі лістамі (*прамыя* трафічныя сувязі). Драпежнікі з'ядаюць траваедных жывёл, і гэтым яны ўплываюць на колькасць травяністых раслін, якія з'яўляюцца кормам для некаторых лістагрызучых беспазваночных жывёл (*ускосная* трафічная сувязь).

Архідэі (эпіфіты) на ствале дрэва

Ліяны ў трапічным лесе

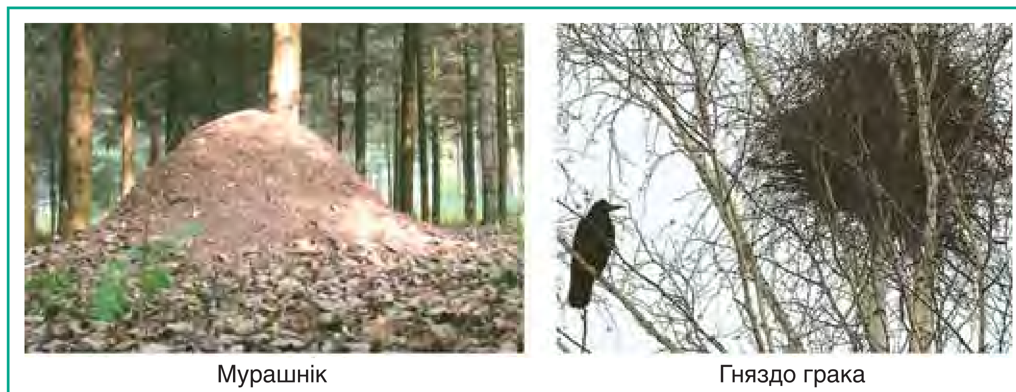
Мал. 26. Тапічныя сувязі

Тапічныя сувязі (ад грэч. *tópos* — месца) — сувязі паміж папуляцыямі, калі асобіны адной папуляцыі выкарыстоўваюць асобін іншай папуляцыі ў якасці месцапражывання або зазнаюць іх уплыў на сваё асяроддзе пражывання. Напрыклад, птушкі выкарыстоўваюць дрэвы і кусты як месцы для гнездавання, малькі рыб знаходзяць сховішча пад парасонікам медузы, эпіфіты і ліяны выкарыстоўваюць ствалы дрэў як субстрат (мал. 26) і г. д. У лесе высокія дрэвы пад сваім полагам могуць ствараць спрыяльныя ўмовы асяроддзя для ценелюбівых раслін.

Фарычныя сувязі (ад грэч. *phora* — нашэнне) — сувязі паміж папуляцыямі, калі асобіны адной папуляцыі ўдзельнічаюць у рассяленні (распаўсюджванні) асобін другой папуляцыі. Напрыклад, птушкі, жывячыся ягадамі брусніц, чарніц, рабіны, глогу, распаўсюджваюць насенне гэтых раслін разам з экскрэментамі. Млекакормячыя пераносяць блох, кляшчоў. Вавёркі, сойкі, назапашваючы арэхі і жалуды на зіму, часам губляюць іх, і тыя вясной прарастаюць.

Эвалюцыя жывёл і раслін працякала ўзаемазвязана (каэвалюцыя), таму яны выпрацоўвалі прыстасаванні для фарычных сувязей. Напрыклад, стрававальныя ферменты жывёл і птушак не ператраўліваюць насенне раслін, а, наадварот, забяспечваюць яго высокую ўсходжасць. Плады і насенне некаторых раслін маюць кручкі, зачэпы для прымацавання да поўсці жывёл з мэтай наступнага распаўсюджвання. Калі ў ролі распаўсюджвальнікаў насення, пладоў, спор, пылку выступаюць жывёлы, то такі працэс называюць *зоахарыяй*. Насенне лопуха або ваўчкоў можа чапляцца сваімі шыпамі за поўсць буйных млекакормячых і пераносіцца на вялікія адлегласці. Калі жывёлы пераносяць (транспартуюць) другіх, больш дробных жывёл, — гэта *фарэзія*. Птушкі нярэдка на пер'і і нагах пераносяць дробных жывёл або іх яйцы, а таксама цысты пратыстаў. Характэрнай асаблівасцю фарэзіі з'яўляецца адсутнасць паразітызму.

Фабрычныя сувязі (ад лац. *fabrico* — вырабляць) — сувязі паміж папуляцыямі, калі асобіны адной папуляцыі выкарыстоўваюць выдзяленні або мёртвыя часткі цела асобін іншай папуляцыі ў якасці матэрыялу для будаўніцтва гнёздаў,



Мал. 27. Фабрычныя сувязі

нор, сховішч і інш. Напрыклад, бабры ўзводзяць бабровыя хаткі са сваловаў і галін дрэў. Мурашкі выкарыстоўваюць апад хвойных дрэў як асноўны будаўнічы матэрыял для мурашнікаў. Птушкі прымяняюць сухія галінкі, траву, пух, поўсць для будаўніцтва гнёздаў (мал. 27). Некаторыя лясныя звяры высцілаюць свае норы мохам, апалымі лістамі, сухой травой і г. д.

Папуляцыя любога віду ў біяцэнозе пастаянна ўступае ў розныя сувязі з іншымі папуляцыямі. Напрыклад, дзяцел, які жывіцца насякомымі, уступае з імі ў прамую трафічную сувязь, а з дубам, пад карой якога ён вышуквае гэтых насякомых, — ва ўскосную трафічную сувязь. Выдзёўбваючы на ствале дрэва дупло, ён уступае ў тапічную сувязь з дрэвам і г. д.

Біяцэноз — сукупнасць узаемазвязаных папуляцый раслін (фітацэноз), жывёл (зоацэноз), грыбоў (мікацэноз) і мікраарганізмаў (мікробацэноз), якія насяляюць участак тэрыторыі з аднароднымі ўмовамі асяроддзя — біятоп. Біятоп уключае паветра з кліматычнымі фактарамі (кліматоп), глебу (эдафатоп) і ваду (гідратоп). У біяцэнозе паміж папуляцыямі розных відаў узнікаюць трафічныя, тапічныя, фарычныя і фабрычныя сувязі.

1. Дайце азначэнне паняццяў «біяцэноз» і «біятоп». **2.** Назавіце структурныя кампаненты біяцэнозу сасновага лесу. **3.** Якія тыпы сувязей паміж папуляцыямі падтрымліваюць структуру біяцэнозу? **4.** У якія сувязі ўступаюць азотфіксуючыя бактэрыі, якія знаходзяцца ў клубеньчыках бабовых раслін; дзяцел, які жыве ў дупле дуба? **5.** Вызначце адпаведнасць паміж тыпамі сувязей папуляцый розных відаў і іх прыкладамі. *Тыпы сувязей*: 1. Трафічныя. 2. Тапічныя. 3. Фарычныя. 4. Фабрычныя. *Прыклады сувязей*: а) жабы і конікі; б) лішайнікі і дрэвы; в) малькі рыб і мядузы;

г) ліяны і дрэвы; д) асіны і падасінавікі; е) птушкі і насенне рабіны; ж) мядзведзі і кляшчы; з) мурашкі і лясны апад. **6.** Растлумачце экалагічны сэнс наступных прыказак. 1. Мужык бярозу сячэ, а трэска па грыбах і ягадах б'е. 2. Ліса з зайцам дружна не жывуць. 3. Ты пасей жыта — васількі самі ўзыдуць. 4. Як цесна, дык і курыца курыцу з седала саштурхвае. 5. На тое і шчупак у рацэ, каб карась не драмаў. Пра якія тыпы сувязей і ўзаемаадносін у іх ідзе размова?

§ 16. Відавая структура біяцэнозу

Любы біяцэноз планеты характарызуецца пэўнай відавой структурай. ***Відавая структура*** — відавая разнастайнасць біяцэнозу і суадносіны відаў па колькасці.

Відавая разнастайнасць біяцэнозу. Дастаткова толькі паглядзець на розныя біяцэнозы, каб заўважыць іх адрозненні па відавым складзе. Атрымаць поўнае ўяўленне аб відавой разнастайнасці біяцэнозу практычна немагчыма, паколькі нельга ўлічыць віды мікраарганізмаў. Але нават колькасная характарыстыка бачымых элементаў дае магчымасць атрымаць пра біяцэноз важную інфармацыю. Відавую разнастайнасць біяцэнозу можна ахарактарызаваць з дапамогай двух колькасных паказчыкаў: відавое багацце і відавая насычанасць.

Відавое багацце — агульная колькасць відаў, якія пражываюць у біятопе. Кожны від у біяцэнозе прадстаўлены папуляцыяй. Прыродныя біяцэнозы лічацца беднымі, калі іх відавое багацце складае дзясяткі і сотні відаў (біяцэнозы хвойных лясоў, пустынь, высакагор'яў). У багатых біяцэнозах колькасць відаў дасягае некалькіх тысяч (трапічныя лясы, саванны). Чым вышэй відавое багацце, тым устойлівей біяцэноз.

Чым можна растлумачыць такую залежнасць? *Па-першае*, у кожнай папуляцыі ёсць магчымасць утварыць вялікую колькасць сувязеў і задаволіць свае экалагічныя патрэбы. Гэта павышае яе выжывальнасць, а значыць, і захаванне біяцэнозу ў цэлым. *Па-другое*, ёсць магчымасць узаемазамяняльнасці адных відаў другімі пры выкананні іх функцыі, дзякуючы чаму не парушаецца функцыянальная структура біяцэнозу.

Відавая насычанасць — колькасць відаў, якія прыходзяцца на адзінку плошчы або адзінку аб'ёму біятопа. Два біяцэнозы, якія маюць аднолькавае відавое багацце, не будуць у роўнай ступені ўстойлівымі, калі яны займаюць розныя па плошчы біятопы. Устойлівей будзе біяцэноз з меншай плошчай біятопа. У ім будзе вышэйшая відавая насычанасць, а значыць, большая верагоднасць утварэння сувязей паміж папуляцыямі і вышэйшая іх трываласць.

Такім чынам, каб атрымаць уяўленне аб відавой разнастайнасці біяцэнозу, недастаткова ведаць агульную колькасць відаў у біятопе. Неабходна мець інфармацыю і аб шчыльнасці яго засялення відамі.

Відавая разнастайнасць біяцэнозу залежыць ад умоў асяроддзя ў біятопе. Напрыклад, у тундры, дзе пастаянна адчуваецца дэфіцыт цяпла, біяцэнозы маюць невялікую відавую разнастайнасць у асноўным за кошт імхоў і лішайнікаў. Ва ўмераных шыротах відавая разнастайнасць у асноўным вызначаецца відавым багаццем пакрытанасенных і голанасенных раслін, жывёльнага свету і ў меншай ступені відавой насычанасцю грыбоў. У трапічных лясах самая багатая разнастайнасць флоры і фаўны. Такім чынам, можна зрабіць вывад, што, чым спрыяльней умовы асяроддзя, тым большая відавая разнастайнасць біяцэнозаў, і наадварот. Значыць, па відавой разнастайнасці біяцэнозу можна меркаваць аб ступені спрыяльнасці ўмоў асяроддзя ў біятопе.

Відавая разнастайнасць залежыць і ад узросту біяцэнозу. Маладыя біяцэнозы, якія толькі пачынаюць развівацца, бедныя па відавым складзе. Яны становяцца багацейшымі па меры развіцця. Найбольшая відавая разнастайнасць назіраецца ў сталых устойлівых біяцэнозах. Значыць, па відавой разнастайнасці можна вызначыць стадыю развіцця біяцэнозу.

Суадносіны відаў па іх колькасці. У любым біяцэнозе ёсць віды, якія пераважаюць па колькасці і займаюць вялікую частку біятопа. Гэтыя віды называюцца ***дамінантнымі*** або ***дамінантамі***. Яны вызначаюць тып біяцэнозу. Напрыклад, сасна — у сасновым лесе, бяроза — у бярозавым гаі, дуб — у дубовым гаі, вольха — у алешніку і інш. Дамінаванне віду не заўсёды азначае яго шматлікасць, дамінантны від можа мець і нізкую абсалютную колькасць (напрыклад, вярблюджая калючка ў пустыні). Але ў параўнанні з колькасцю іншых відаў у дадзеным біяцэнозе яго колькасць самая высокая. Дамінанты, якія ўдзельнічаюць у фарміраванні асяроддзя для ўсяго згуртавання (асяроддзеўтваральныя віды), называюцца *відамі-эдыфікатарамі*. Эдыфікатар верхавога балота — гэта сфагнум, стэпу — кавыль, дубровы — дуб і г. д. Часам эдыфікатарамі могуць быць і жывёлы: бабры фарміруюць бабровыя ландшафты, капытныя жывёлы — стэпавыя ландшафты і г. д. Выдаленне віду-эдыфікатара можа настолькі змяніць умовы асяроддзя пражывання, што дадзены біятоп стане непрыгодным для відаў, якія раней там існавалі. У яго стануць засяляцца новыя віды, і гэта прывядзе да змены біяцэнозу.

Акрамя відаў-дамінантаў, любы біяцэноз уключае мноства іншых відаў з меншай колькасцю. Яны падтрымліваюць разнастайнасць сувязей у біяцэнозе і служаць рэзервам для замяшчэння дамінантаў, г. зн. надаюць стабільнасць біяцэнозу. У залежнасці ад долі асобін дадзенага віду ў агульнай колькасці асобін біяцэнозу — *ступені дамінавання* — іх раздзяляюць на чатыры катэгорыі:

1) субдамінантныя віды — даволі шматлікія віды, якія часта сустракаюцца ў біятопе, але значна саступаюць па колькасці дамінантным;

2) малаколькасныя віды — віды з невялікай колькасцю, зрэдку сустракаюцца ў біятопе;

3) рэдкія віды — віды з вельмі малой колькасцю, сустракаюцца толькі ў асобных месцах біятопа;

4) выпадковыя віды — віды, нетыповыя для дадзенага біяцэнозу і прадстаўленыя тут адзінкавымі экзэмплярамі.

Дамінантныя і субдамінантныя віды чалавек можа выкарыстаць у працэсе гаспадарчай дзейнаці без урону для біяцэнозу. Малакалькасныя і рэдкія віды трэба ахоўваць у межах дадзенага біяцэнозу. Рэдкія віды, як правіла, заносяць у Міжнародную або нацыянальныя Чырвоныя кнігі, калі іх колькасць вельмі малая ў большасці біяцэнозаў у межах арэала. Выпадковыя віды не заслугоўваюць увагі, паколькі яны ў дадзеным біяцэнозе існаваць не змогуць і з цягам часу знікнуць.

Відавая структура біяцэнозу — відавая разнастайнасць і суадносіны відаў па іх колькасці. Відавая разнастайнасць характарызуецца відавым багаццем і відавой насычанасцю. Па ступені дамінавання віды біяцэнозу раздзяляюць на дамінантныя, субдамінантныя, малакалькасныя, рэдкія і выпадковыя. Рэдкія віды заносяць у Чырвоную кнігу, калі іх колькасць вельмі малая ў большасці біяцэнозаў у межах арэала.

1. Якімі паказчыкамі характарызуецца відавая разнастайнасць біяцэнозу? Растлумачце залежнасць устойлівасці біяцэнозу ад гэтых паказчыкаў. **2.** Як па відавой разнастайнасці вызначыць стадыю развіцця біяцэнозу? **3.** На якія катэгорыі падзяляюць віды па ступені дамінавання? **4.** Якую ролю ў жыцці біяцэнозу адыгрываюць віды-эдыфікатары? **5.** Вызначце адпаведнасць паміж біяцэнозамі і іх відамі-эдыфікатарамі. *Біяцэнозы*: 1. Верхавое балота. 2. Стэп. 3. Тайга. 4. Тундра. 5. Змешаны лес. *Віды-эдыфікатары*: а) кавыль; б) асіна; в) сфагнум; г) сасна; д) елка; е) бяроза; ж) дуб; з) ягель (алені мох); і) карлікавая бяроза. **6.** Назавіце віды-эдыфікатары тыповых біяцэнозаў вашага рэгіёна. **7.** Што павінны рабіць людзі, каб захаваць рэдкія, асабліва каштоўныя віды?

§ 17. Прасторавая структура біяцэнозу

Любы біяцэноз у прыродзе займае пэўную прастору. Яна падзяляецца паміж відамі ў залежнасці ад іх біялагічных асаблівасцей. Гэта прыводзіць да фарміравання прасторавай структуры. ***Прасторавая структура біяцэнозу*** — заканамернае размяшчэнне відаў у біятопе, як у вертыкальным, так і ў гарызантальным напрамках. Для біяцэнозу характэрны вертыкальная (ярусчасць) і гарызантальная (мазаічнасць) структуры.

Вертыкальная структура біяцэнозу (яруснасць). У наземных біяцэнозах асноўную ролю ў фарміраванні вертыкальнай структуры адыгрываюць расліны рознай вышыні. Дзякуючы гэтаму назіраецца вертыкальнае расслаенне біяцэнозу на структурныя часткі. Гэтыя часткі біяцэнозу, якія займаюць рознае становішча ў адносінах да ўзроўню глебы, называюцца ***ярусамі***. А вертыкальная структура біяцэнозу, якая складаецца з іх, называецца ***яруснасцю***.

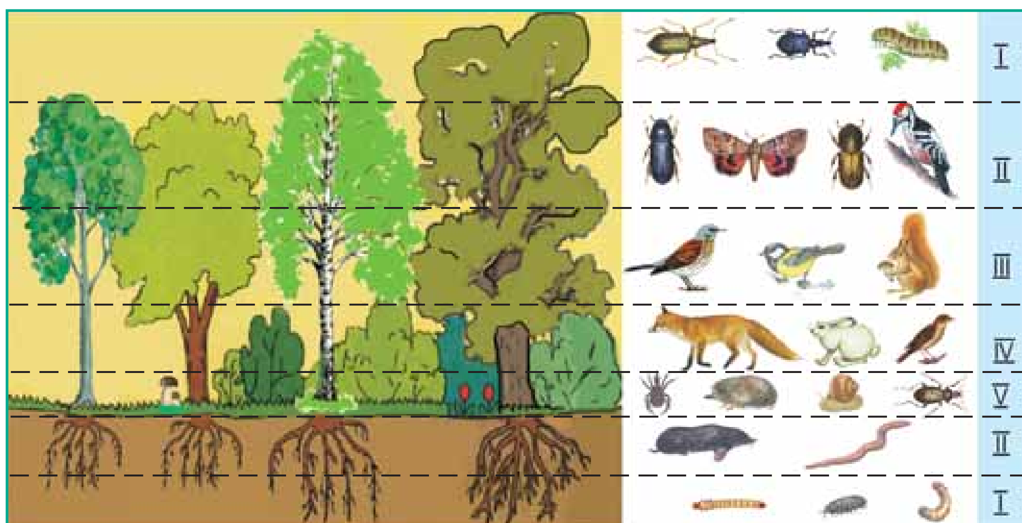
Галоўную ролю пры фарміраванні відавога складу раслінных ярусаў іграе колькасць святла, якое дасягае кожнага яруса. Ад яго залежыць тэмпературны рэжым і вільготнасць на розных узроўнях (ярусах) біяцэнозу. Верхнія ярусы складаюць святлолюбівыя расліны. Ніжэй размяшчаюцца ценевынослівыя, а ў самым нізе вырастаюць ценелюбівыя віды. Такое размеркаванне раслін садзейнічае больш поўнаму засваенню сонечнай энергіі. Да паверхні глебы даходзіць толькі 1—5 % святла, якое трапляе ў біяцэноз. У аднаярусных фітацэнозах большая частка сонечнай энергіі не засвойваецца. Яна ідзе на награванне глебы і часткова адбіваецца.

Раслінныя ярусы складаюць мікраклімат для існавання іншых відаў. Кожны раслінны ярус засяляецца пэўнымі відамі жывёл і мікраарганізмаў. Ярусы адрозніваюцца адзін ад другога сукупнасцю экалагічных умоў, складам відаў раслін, жывёл і мікраарганізмаў. У кожным ярусе складваецца свая сістэма сувязей і ўзаемаадносін паміж кампанентамі.

Большасць відаў прыстасавана да канкрэтных ярусаў. Але некаторыя віды ў сілу розных абставін займаюць у розны час жыцця розныя ярусы. Іх называюць *пазаяруснымі* відамі. Напрыклад, нельга аднесці да канкрэтнага яруса ліяны, лішайнікі, некаторыя віды імхоў і паразітаў.

У наземных біяцэнозах адрозніваюць *надземную* і *падземную* яруснасць. Ярусы нумаруюцца рымскімі лічбамі. Першым лічыцца самы аддалены ад узроўня глебы ярус (як надземны, так і падземны). Найбольш дакладна яруснасць выражана ў лясных біяцэнозах. У іх фітацэнозы ўтвораны рознымі жыццёвымі формамі раслін. Там прадстаўлены дрэвы, кусты, кусцікі, аднагадовыя і шматгадовыя травы, імхі, лішайнікі, грыбы, якія займаюць рознае становішча адносна ўзроўню глебы.

Надземная яруснасць у ліставым лесе звычайна ўключае пяць, часам шэсць раслінных ярусаў (мал. 28, с. 74). I ярус утвораны дрэвамі першай велічыні (дуб, бяроза, ясень, ліпа і інш.). Да II яруса адносяцца дрэвы другой велічыні (дзікія яблыня, груша, чаромха, рабіна і інш.). III ярус — гэта падлесак з кустоў (ляшчына, крушына, брызгліна, ядловец, каліна, бузіна і інш.). IV ярус прадстаўлены высокімі травамі і кусцікамі (папараць, крапіва, чыстацел, верас, багун і інш.). V ярус складаюць нізкія травы і кусцікі (чарніцы, брусніцы, суніцы, талакнянка, ландыш і інш.), а таксама імхі і лішайнікі. У ніжніх ярусах звычайна



Мал. 28. Вертыкальная структура (яруснасць) біяцэнозу ліставога лесу

прысутнічае маладняк дрэвавых раслін. Калі ярусаў шмат, то фітацэноз лічыцца складаным, а калі іх мала — простым.

Жывёлы прымеркаваны да пэўных ярусаў фітацэнозу. I ярус насяляюць лістагрызучыя насякомыя (насельнікі кроны дрэў). У II ярусе пражываюць птушкі і стваловыя шкоднікі (жукі караеды, вусачы, златкі). У III і IV ярусах — капытныя і драпежныя жывёлы, птушкі, грызуны. V ярус багаты на розных мнаганожак, жужаляў, чмялёў, кляшчоў і іншых дробных жывёл.

Падземная яруснаць абумоўлена рознай глыбінёй размяшчэння каранёвай сістэмы. Чым вышэй дрэвы, тым глыбей у глебу пранікаюць іх карані. Размяшчэнне каранёў на рознай глыбіні зніжае вастрыню канкурэнцыі паміж раслінамі за ваду, мінеральнае жыўленне, кісларод.

Узнікненне яруснасці — вынік працяглага прыстасавання розных відаў адзін да другога і фарміравання міжвідавых сувязей і ўзаемаадносін. Яруснасць садзейнічае значнаму аслабленню канкурэнцыі паміж відамі за рэсурсы і тэрыторыю. Дзякуючы гэтаму павялічваецца колькасць асобін на адзінцы плошчы, больш шчыльна і рацыянальна выкарыстоўваюцца ўмовы і рэсурсы біятопа.

Вертыкальнае размеркаванне відаў у біяцэнозе ўплывае на яго гарызантальную структуру.

Гарызантальная структура біяцэнозу (мазаічнасць). Неаднароднасць глебавых умоў, рэльефу, дзейнасць чалавека вызначае характар гарызантальнага

размеркавання відаў у біятопе — гарызантальную структуру біяцэнозу. Пад дзеяннем вышэйназваных фактараў у біяцэнозе адбываецца фарміраванне раслінных *мікрагруповак*. Напрыклад, у лугавых біяцэнозах можна выявіць мікрагрупоўкі бабовых, злакаў, складанакветных. Яны адрозніваюцца відавым складам, суадносінамі колькасці відаў, прадукцыйнасцю, біямасай і г. д. У кожнай такой расліннай мікрагрупоўцы фарміруецца пэўны мікраклімат, відавы склад жывёл, грыбоў і мікраарганізмаў. Сукупнасць усіх гэтых кампанентаў, звязаных трафічнымі і тапічнымі сувязямі, з'яўляецца структурнай адзінкай гарызантальнай структуры біяцэнозу. У лясным біяцэнозе, напрыклад, дакладна відаць адрозненні паміж узлессем і палянай у лесе. Істотна адрозніваюцца ўчасткі лесу з выражаным хмызняковым маладняком і з суцэльным мохавым покрывам або з покрывам з чарнічніку. Такім чынам, гарызантальная структура біяцэнозу з'яўляецца адлюстраваннем разнастайнасці ўмоў навакольнага асяроддзя ў біятопе ў гарызантальным напрамку.

Дзякуючы фарміраванню гарызантальнай структуры біяцэноз больш поўна выкарыстоўвае магчымасці біятопа. У ім актыўна ўжываюцца харчовыя рэсурсы, павялічваецца колькасць відаў і, як вынік, узрастае стабільнасць біяцэнозу.

Прасторавая структура біяцэнозу — размеркаванне відаў у вертыкальным (яруснасць) і гарызантальным (мазаічнасць) напрамках. Вертыкальная структура фарміруецца дзякуючы наяўнасці раслін рознай вышыні, утвараючых ярусы. У біяцэнозах адрозніваюць надземную і падземную яруснасць. Гарызантальная структура біяцэнозу фарміруецца ў выніку неаднароднасці глебы і рэльефу ў біятопе.

1. Які кампанент біяцэнозу іграе галоўную ролю ў фарміраванні вертыкальнай структуры біяцэнозу? **2.** Назавіце прычыны фарміравання гарызантальнай структуры біяцэнозу. **3.** У якім ярусе ляснога біяцэнозу жывуць дажджавыя чэрві? Якая іх роля ва ўтварэнні глебы? **4.** Вызначце адпаведнасць паміж надземнымі ярусамі ліставога лесу і відамі жывёл, якія ўваходзяць у іх склад. *Ярусы*: 1. I ярус. 2. II ярус. 3. III ярус. 4. IV ярус. 5. V ярус. *Віды жывёл*: а) заяц, дзік, ліса, воўк; б) кляшчы, жужалі, мнаганожкі, чмялі; в) птушкі, жукі караеды, вусачы, златкі; г) лістагрызучыя насякомыя; д) лось, казуля, зубр, высакародны алень. **5.** У чым заключаецца перавага мнагаяруснага біяцэнозу над аднаярусным? Дайце аргументаваны адказ. Вызначце прычынна-выніковыя сувязі паміж экалагічнымі фактарамі біятопа і відавым складам раслінных ярусаў біяцэнозу.

§ 18. Экасістэма. Біягеацэноз. Структура экасістэмы

Паняцце экасістэмы і біягеацэнозу. Тэрмін «экасістэма» ўпершыню быў прапанаваны англійскім эколагам А. Тэнслі ў 1935 г. Ён разглядаў экасістэмы як асноўныя структурныя адзінкі прыроды на планеце Зямля.

Экасістэма — комплекс са згуртавання жывых арганізмаў і асяроддзя іх пражывання, у якім адбываецца абмен рэчывам і энергіяй.

Экасістэмы не маюць пэўнай размернасці. Гніючы пень з беспазваночнымі жывёламі, якія яго насяляюць, грыбамі і бактэрыямі ўяўляе сабой экасістэму невялікага маштабу (*мікраэкасістэма*). Возера з воднымі і каляводнымі арганізмамі з'яўляецца экасістэмай сярэдняга маштабу (*мезаэкасістэма*). А мора з яго разнастайнасцю водарасцей, рыб, малюскаў, ракападобных — экасістэма буйнога маштабу (*макраэкасістэма*).

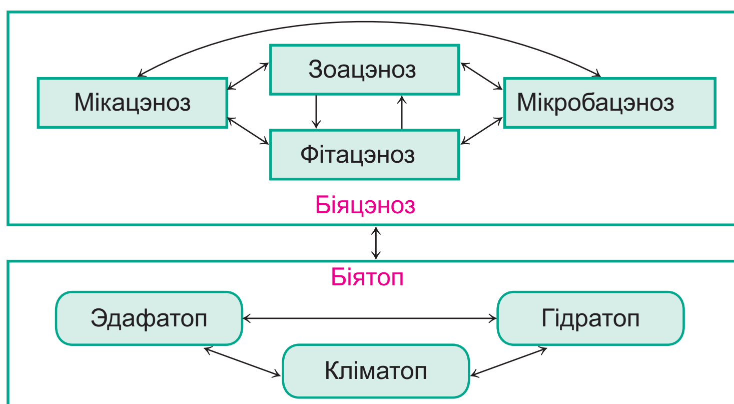
Для азначэння падобных сістэм на аднародных участках сушы рускі геабатанік У. М. Сукачоў у 1942 г. прапанаваў тэрмін «біягеацэноз».

Біягеацэноз — гістарычна складзеная сукупнасць жывых (біяцэноз) і нежывых (біятоп) кампанентаў аднароднага ўчастка сушы, дзе адбываецца кругаварот рэчываў і ператварэнне энергіі.

Як відаць з прыведзенага азначэння, біягеацэноз уключае дзве структурныя часткі — біяцэноз і біятоп. Кожная з гэтых частак складаецца з пэўных кампанентаў, якія паміж сабой узаемазвязаны (мал. 29).

Біягеацэноз і экасістэма — блізкія паняцці, якія абазначаюць біясістэмы аднаго ўзроўню арганізацыі. Агульнай прыкметай для гэтых сістэм з'яўляецца наяўнасць у іх абмену рэчывам і энергіяй паміж жывым і нежывым кампанентамі. Аднак вышэйназваныя паняцці не з'яўляюцца сінонімамі. Экасістэмы маюць розную ступень складанасці, розныя маштабы, яны могуць быць натуральнымі (прыроднымі) і штучнымі (створанымі чалавекам). У якасці асобных экасістэм могуць разглядацца капля вады з лужыны з мікраарганізмамі, балотная купіна з яе насельнікамі, возера, луг, пустыня і, нарэшце, біясфера — экасістэма самага высокага рангу.

У. М. Сукачоў (1880—1967) — рускі батанік, географ і лесазнавец, адзін з заснавальнікаў біягеацэналогіі



Мал. 29. Схема біягеацэнозу

Біягеацэноз адрозніваецца ад экасістэмы тэрытарыяльнай абмежаванасцю і пэўным складам папуляцый (біяцэноз). Яго межы вызначаюцца наземным раслінным покрывам (фітацэнозам). Змяненне расліннасці сведчыць аб змяненні ўмоў у біятопе і аб мяжы з суседнім біягеацэнозам. Напрыклад, пераход ад дрэвавай расліннасці да травяністай сведчыць аб мяжы паміж лясным і лугавым біягеацэнозамі. Біягеацэнозы выдзяляюць толькі на сушы.

Значыць, паняцце «экасістэма» больш шырокае, чым «біягеацэноз». Экасістэмай можна назваць любы біягеацэноз, а вось біягеацэнозам можна назваць толькі наземныя экасістэмы.

З пункту гледжання забеспячэння пажыўнымі рэчывамі біягеацэнозы больш аўтаномныя (незалежныя ад іншых біягеацэнозаў), чым экасістэмы. У кожным з устойлівых (якія існуюць працяглы час) біягеацэнозаў ажыццяўляецца свой кругаварот рэчываў, супастаўімы па характары з кругаваротам рэчываў у біясферы планеты Зямля, але толькі ў значна меншым маштабе. Экасістэмы ж больш адкрытыя сістэмы. Гэта яшчэ адно адрозненне біягеацэнозаў ад экасістэм.

Структура экасістэмы. У экасістэме віды арганізмаў выконваюць розныя функцыі, дзякуючы якім ажыццяўляецца кругаварот рэчываў. У залежнасці ад ролі, якую віды адыгрываюць у кругавароце, іх адносяць да розных функцыянальных груп: прадуцэнтаў, кансументаў або рэдуцэнтаў.

Прадуцэнты (ад лац. *producens* — які стварае), або ***вытворцы***, — аўтатрофныя арганізмы, якія сінтэзуюць арганічнае рэчыва з мінеральнага з выкарыстаннем энергіі. Калі для сінтэзу арганічнага рэчыва выкарыстоўваецца сонечная

энергія, то прадуцэнтаў называюць *фотааўтатрофамі*. Да фотааўтатрофаў адносяцца ўсе зялёныя расліны, лішайнікі, цыянабактэрыі, аўтатрофныя пратысты, зялёныя і пурпуровыя бактэрыі. Прадуцэнты, якія выкарыстоўваюць для сінтэзу арганічнага рэчыва энергію хімічных рэакцый акіслення неарганічных рэчываў, называюцца *хемааўтатрофамі*. Імі з'яўляюцца жалезабактэрыі, бясколерныя серабактэрыі, нітрыфіцыруючыя і вадародныя бактэрыі.

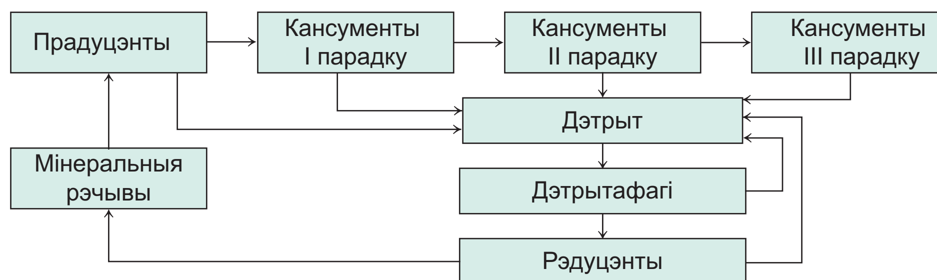
Кансументы (ад лац. *consumo* — спажываю), або ***спажыўцы***, — гетэратрофныя арганізмы, якія спажываюць жывое арганічнае рэчыва і перадаюць змешчаную ў ім энергію па харчовых ланцугах. Да іх адносяцца ўсе жывёлы і расліны-паразіты. У залежнасці ад віду спажываемага арганічнага рэчыва кансументы падраздзяляюцца на парадкі. Арганізмы, якія спажываюць прадуцэнтаў, называюць *кансументамі* I *парадку*. Да іх адносяцца раслінаедныя жывёлы (саранча, грызуны, парна- і няпарнакапытныя жывёлы) і расліны-паразіты. Кансументаў I парадку спажываюць *кансументы* II *парадку*, якія прадстаўлены драпежнымі жывёламі. *Кансументамі* III і наступных парадкаў з'яўляюцца драпежныя жывёлы, якія жывяцца кансументамі II і наступных парадкаў. Колькасць парадкаў кансументаў у экасістэме абмежавана і вызначаецца аб'ёмам біямасы, створанай прадуцэнтамі.

Рэдуцэнты (ад лац. *reducens* — які вяртае), або ***разбуральнікі***, — гетэратрофныя арганізмы, якія разбураюць адмерлае арганічнае рэчыва любога паходжання да мінеральнага. Утворанае мінеральнае рэчыва назапашваецца ў глебе і ў далейшым паглынаецца прадуцэнтамі. У экалогіі адмерлае арганічнае рэчыва, уключанае ў працэс раскладання, называецца дэтрытам. *Дэтрыт* — адмерлыя рэшткі раслін і грыбоў, трупы і экскрэменты жывёл са змешчанымі ў іх бактэрыямі.

У працэсе раскладання дэтрыту ўдзельнічаюць дэтрытафагі і рэдуцэнты. Да дэтрытафагаў адносяцца макрыцы, некаторыя кляшчы, мнаганожкі, нагахвосткі, жукі мерцвяеды, некаторыя насякомыя і іх лічынкі, чэрві. Яны спажываюць дэтрыт і ў ходзе жыццядзейнасці пакідаюць экскрэменты, якія змяшчаюць арганіку. Сапраўднымі рэдуцэнтамі лічацца грыбы, гетэратрофныя пратысты, глебавыя бактэрыі. Усе прадстаўнікі дэтрытафагаў і рэдуцэнтаў, адміраючы, таксама ўтвараюць дэтрыт.

Роля рэдуцэнтаў у прыродзе вельмі вялікая. Без іх у біясферы назапашваліся б адмерлыя арганічныя рэшткі, а мінеральныя рэчывы, неабходныя для прадуцэнтаў, вычэрпваліся б. І жыццё на Зямлі ў той форме, якую мы ведаем, спынілася б.

Узаемасувязь функцыянальных груп у экасістэме можна паказаць на наступнай схеме.



У экасістэме з вялікай відавой разнастайнасцю можа ажыццяўляцца ўзаемазамяняльнасць аднаго віду другім без парушэння функцыянальнай структуры.

Экасістэма — комплекс са згуртавання жывых арганізмаў і асяроддзя іх пражывання, у якім адбываецца абмен рэчывам і энергіяй. Наземныя экасістэмы называюць біягеацэнозамі. Біягеацэноз — сукупнасць біяцэнозу і біятопа, дзе ажыццяўляецца кругаварот рэчываў і ператварэнне энергіі. Функцыянальнымі кампанентамі экасістэмы з'яўляюцца прадуцэнты, кансументы і рэдуцэнты.

1. Параўнайце азначэнні паняццяў «біягеацэноз» і «экасістэма». Што паміж імі агульнае? У чым адрозненне? **2.** Якія з экасістэм можна назваць біягеацэнозамі: луг, возера, гнілы пень, мора, хвойны лес, раку? **3.** У чым заключаецца роля прадуцэнтаў у экасістэме? Прывядзіце прыклады фота- і хемааўтатрофаў. **4.** Якую функцыю ў экасістэме выконваюць рэдуцэнты? Назавіце іх прадстаўнікоў. **5.** Вызначце адпаведнасць паміж функцыянальнымі групамі і іх прадстаўнікамі. *Функцыянальныя групы*: 1. Прадуцэнты. 2. Кансументы. 3. Рэдуцэнты. *Прадстаўнікі*: а) бяроза; б) лось; в) дажджавы чарвяк; г) шчупак; д) падасінавік; е) лішайнік; ж) ламінарыя; з) мнаганожка; і) дафнія. **6.** Дайце экалагічны прагноз магчымых вынікаў у экасістэме, калі ў ёй адбудзецца рэзкае скарачэнне колькасці рэдуцэнтаў. Якія вынікі маглі б чакаць Зямлю, калі б зніклі ўсе рэдуцэнты?

§ 19. Ланцугі і сеткі харчавання. Экалагічныя піраміды

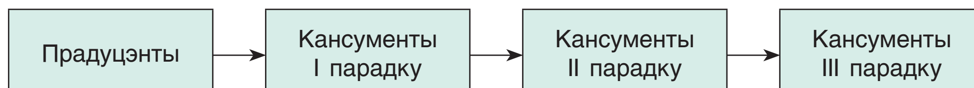
Пашавыя і дэтрытныя ланцугі. Трафічныя ўзроўні. Асноўная ўмова існавання экасістэмы — гэта падтрыманне кругавароту рэчываў і ператварэння энергіі. Яно забяспечваецца дзякуючы *трафічным (харчовым)* сувязям паміж відамі, якія адносяцца да розных функцыянальных груп. Менавіта на аснове гэ-

тых сувязей арганічныя рэчывы, сінтэзаваныя прадуцэнтамі з мінеральных рэчываў з паглынаннем сонечнай энергіі, перадаюцца кансументам і зазнаюць хімічныя ператварэнні. У выніку жыццядзейнасці пераважна рэдуцэнтаў атамы асноўных біягенных хімічных элементаў (успомніце курс біялогіі 10-га класа) пераходзяць з арганічных рэчываў у неарганічныя (CO_2, NH_3, H_2S, H_2O). Затым неарганічныя рэчывы выкарыстоўваюцца прадуцэнтамі для стварэння з іх новых арганічных рэчываў. А яны зноў з дапамогай прадуцэнтаў уключаюцца ў кругаварот. Калі б гэтыя рэчывы не выкарыстоўваліся шматразова, жыццё на Зямлі было б немагчымым, бо запасы рэчываў, паглынаемых прадуцэнтамі, у прыродзе не бязмежныя. Для існавання паўнацэннага кругавароту рэчываў у экасістэме павінны быць у наяўнасці ўсе тры функцыянальныя групы арганізмаў, і паміж імі павінна адбывацца пастаяннае ўзаемадзеянне ў выглядзе трафічных сувязей з утварэннем трафічных (харчовых) ланцугоў, або ланцугоў харчавання.

Ланцуг харчавання (харчовы ланцуг) — паслядоўнасць арганізмаў, у якой адбываецца паэтапны перанос рэчыва і энергіі ад крыніцы (папярэдняга звяна) да спажыўца (наступнага звяна).

Пры гэтым адзін арганізм можа з'ядаць другі, жывіцца яго адмерлымі рэшткамі або прадуктамі жыццядзейнасці. У залежнасці ад віду зыходнай крыніцы і энергіі ланцугі харчавання падраздзяляюць на два тыпы: пашавыя (ланцугі выядання) і дэтрытныя (ланцугі раскладання).

Пашавыя ланцугі (ланцугі выядання) — харчовыя ланцугі, якія пачынаюцца з прадуцэнтаў і ўключаюць кансументаў розных парадкаў. У агульным выглядзе пашавы ланцуг можна паказаць на наступнай схеме:



Напрыклад: 1) харчовы ланцуг лугу: канюшына лугавая → матылёк → жаба → змяя; 2) харчовы ланцуг вадаёма: хламідаманада → дафнія → пячкур → судак. Стрэлкі ў схеме паказваюць напрамак пераносу рэчываў і энергіі ў ланцугу харчавання. Прыклады рашэння задач на складанне і аналіз ланцугоў харчавання ў канцы дапаможніка (***Дадатак А***).

Кожны арганізм у ланцугу харчавання адносіцца да пэўнага трафічнага ўзроўню.

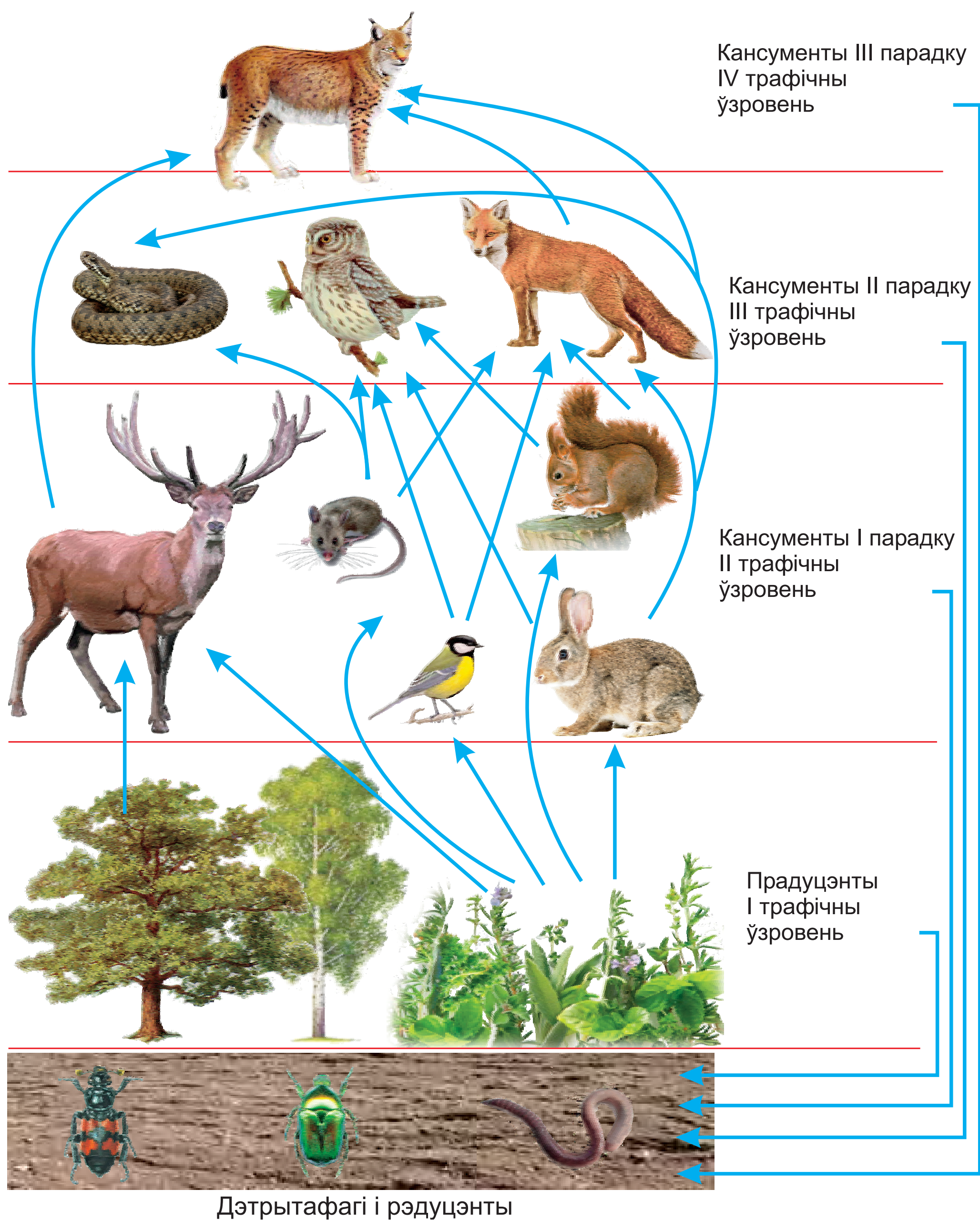
Трафічны ўзровень — сукупнасць арганізмаў, якія ў залежнасці ад спосабу іх харчавання і віду корму, складаюць пэўнае звяно харчовага ланцуга.

Мал. 30. Пашавыя ланцугі харчавання

Трафічныя ўзроўні прынята нумараваць. Першы трафічны ўзровень складаюць аўтатрофныя арганізмы — расліны (прадуцэнты), на другім трафічным узроўні знаходзяцца раслінаедныя жывёлы (кансументы I парадку), на трэцім і наступных узроўнях — драпежныя жывёлы (кансументы II, III і г. д. парадкаў).

У прыродзе амаль усе арганізмы харчуюцца не адным, а некалькімі відамі корму. Значыць, любы арганізм можа знаходзіцца на розных трафічных узроўнях у адным і тым жа харчовым ланцугу ў залежнасці ад характару корму. Напрыклад, ястраб, кормячыся мышамі, займае трэці трафічны ўзровень, а з'ядаючы змей — чацвёрты. Акрамя таго, адзін і той жа арганізм можа быць звяном розных харчовых ланцугоў, звязаных паміж сабой. Так, ястраб можа з'есці яшчарку, зайца або змяю, якія ўваходзяць у склад розных ланцугоў харчавання (мал. 30).

У прыродзе пашавыя ланцугі ў чыстым выглядзе не сустракаюцца. Яны звязаны паміж сабой агульнымі харчовымі звёнамі і ўтвараюць *харчовую сетку, або сетку харчавання* (мал. 31, с. 82). Яе наяўнасць у экасістэме садзейнічае выжыванню арганізмаў пры недахопе пэўнага віду корму дзякуючы магчымасці выкарыстаць другі корм. І чым шырэйшая відавая разнастайнасць асобін у экасістэме, тым больш харчовых ланцугоў у складзе харчовай сеткі і тым больш устойлівая экасістэма. Выпадзенне аднаго з ланцугоў харчавання не парушыць усёй экасістэмы, паколькі могуць быць выкарыстаны крыніцы харчавання з іншых харчовых ланцугоў.



Мал. 31. Спрошчаная схема сеткі харчавання ў лясной экасістэме

Дэтрытныя ланцугі (ланцугі раскладання) — харчовыя ланцугі, якія пачынаюцца з дэтрыту, уключаюць дэтрытафагаў і рэдуцэнтаў і заканчваюцца мінеральнымі рэчывамі. У дэтрытных ланцугах адбываецца перанос рэчываў і энергіі дэтрыту паміж дэтрытафагамі і рэдуцэнтамі праз прадукты іх жыццядзейнасці.

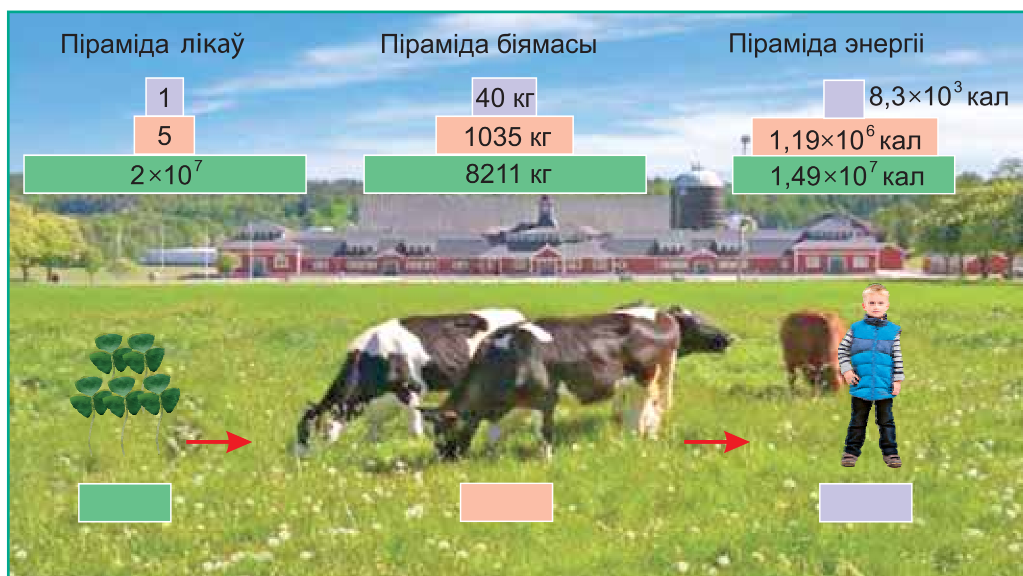
Напрыклад: загінуўшая птушка → лічынкі мух → плесневыя грыбы → бактэрыі → мінеральныя рэчывы. Калі дэтрыт не патрабуе механічнага разбурэння, то ён адразу ператвараецца ў перагной з наступнай мінералізацыяй.

Дзякуючы дэтрытным ланцугам у прыродзе замыкаецца кругаварот рэчываў. Адмерлыя арганічныя рэчывы ў дэтрытных ланцугах ператвараюцца ў мінеральныя, якія трапляюць у асяроддзе, а з яго паглынаюцца раслінамі (прадуцэнтамі).

Пашавыя ланцугі пераважна размяшчаюцца ў надземных, а ланцугі раскладання — у падземных ярусах экасістэм. Узаемасувязь пашавых ланцугоў з дэтрытнымі ажыццяўляецца праз дэтрыт, які трапляе ў глебу. Дэтрытныя ланцугі звязаны з пашавымі праз мінеральныя рэчывы, якія здабываюцца з глебы прадуцэнтамі. Дзякуючы ўзаемасувязі пашавых і дэтрытных ланцугоў у экасістэме фарміруецца складаная харчовая сетка, якая забяспечвае пастаянства працэсаў ператварэння рэчыва і энергіі.

Экалагічныя піраміды. Працэс ператварэння рэчыва і энергіі ў пашавых ланцугах мае пэўныя заканамернасці. На кожным трафічным узроўні пашавага ланцуга не ўся з'едзеная біямаса ідзе на ўтварэнне біямасы кансументаў дадзенага ўзроўню. Значная яе частка затрачваецца на працэсы жыццядзейнасці арганізмаў: рух, размнажэнне, падтрыманне тэмпературы цела і г. д. Акрамя таго, частка корму не засвойваецца і ў выглядзе прадуктаў жыццядзейнасці трапляе ў навакольнае асяроддзе. Другімі словамі, большая частка рэчыва і змешчанай у ім энергіі пры пераходзе ад аднаго трафічнага ўзроўню да другога губляецца. Працэнт засваяльнасці моцна вар'іруе і залежыць ад складу кармоў і біялагічных асаблівасцей арганізмаў. Шматлікія даследаванні паказалі, што на кожным трафічным узроўні харчовага ланцуга губляецца ў сярэднім каля 90 % энергіі, і толькі 10 % пераходзіць на наступны ўзровень. Амерыканскі эколаг Р. Ліндэман у 1942 г. сфармуляваў гэтую заканамернасць як ***правіла* 10 %**. Выкарыстоўваючы гэтае правіла, можна разлічыць колькасць энергіі на любым трафічным узроўні ланцуга харчавання, калі яго паказчык вядомы на адным з іх. З некаторай ступенню дапушчэння гэта правіла выкарыстоўваюць і для вызначэння пераходу біямасы паміж трафічнымі ўзроўнямі. Прыклады рашэння задач на аналіз ператварэння рэчыва і энергіі ў ланцугу харчавання і на правіла 10 % прыведзены ў канцы дапаможніка (***Дадатак Б***).

Калі на кожным трафічным узроўні харчовага ланцуга вызначыць колькасць асобін, або іх біямасу, або колькасць змешчанай у ім энергіі, то стане відавочным



Мал. 32. Экалагічныя піраміды лікаў, біямасы і энергіі

памяншэнне гэтых велічынь па меры прасоўвання да канца ланцуга харчавання. Гэтую заканамернасць упершыню выявіў англійскі эколаг Ч. Элтан у 1927 г. Ён назваў яе ***правілам экалагічнай піраміды*** і прапанаваў выражаць графічна. Калі любую з вышэйназваных характарыстык трафічных узроўняў паказаць у выглядзе прамавугольнікаў з аднолькавым маштабам і размясціць аднаго над другім, то атрымаецца *экалагічная піраміда*.

Вядомы тры тыпы экалагічных пірамід. ***Піраміда лікаў*** адлюстроўвае колькасць асобін у кожным звяне харчовага ланцуга (мал. 32). Аднак у экасістэме другі трафічны ўзровень (*кансументы* I *парадку*) колькасна можа быць багацейшым за першы трафічны ўзровень (*прадуцэнтаў*). У гэтым выпадку атрымліваецца перавернутая піраміда лікаў. Гэта тлумачыцца ўдзелам у такіх пірамідах асобін, не раўнацэнных па памерах. Прыкладам можа служыць піраміда лікаў, якая складаецца з ліставога дрэва, лістагрызучых насякомых, дробных насякомаедных і буйных драпежных птушак. ***Піраміда біямасы*** адлюстроўвае колькасць арганічнага рэчыва, назапашанага на кожным трафічным узроўні харчовага ланцуга. Піраміда біямасы ў наземных экасістэмах правільная. А ў пірамідзе біямасы для водных экасістэм біямаса другога трафічнага ўзроўню, як правіла, большая за біямасу першага пры азначэнні яе ў канкрэтны момант. Але паколькі водныя прадуцэнты (фітапланктон) маюць высокую скорасць утварэння прадукцыі, то ў канчатковым выніку іх біямаса за сезон усё роўна будзе большая за бія-

масу кансументаў I парадку. А гэта азначае, што ў водных экасістэмах таксама захоўваецца правіла экалагічнай піраміды. ***Піраміда энергіі*** адлюстроўвае заканамернасці расходавання энергіі на розных трафічных узроўнях.

Такім чынам, запас рэчыва і энергіі, назапашаны раслінамі ў пашавых харчовых ланцугах, хутка расходуецца (выядаецца), таму гэтыя ланцугі не могуць быць доўгімі. Звычайна яны ўключаюць ад трох да пяці трафічных узроўняў.

У экасістэме прадуцэнты, кансументы і рэдуцэнты звязаны трафічнымі сувязямі і ўтвараюць ланцугі харчавання: пашавыя і дэтрытныя. У пашавых ланцугах дзейнічае правіла 10 % і правіла экалагічнай піраміды. Можна пабудаваць тры тыпы экалагічных пірамід: лікаў, біямасы і энергіі.

1. Чым адрозніваюцца пашавыя ланцугі ад дэтрытных? **2.** Сфармулюйце правіла экалагічнай піраміды. Якія бываюць тыпы экалагічных пірамід? У чым іх асаблівасці? **3.** Складзіце пашавы ланцуг харчавання, выбраўшы патрэбныя звёны з наступных кампанентаў: асіна, дзяцел, бяроза, сініца, бусел, вусень бярозавага пadзеніка, каршун. **4.** Складзіце дэтрытны ланцуг харчавання, выбраўшы патрэбныя звёны з наступных кампанентаў: змяя, загінуўшая птушка, глебавыя бактэрыі, лічынкі мух, травяная жаба, плесневыя грыбы, мінеральныя рэчывы. **5.** Вызначце адпаведнасць паміж тыпамі ланцугоў харчавання і іх магчымымі харчовымі звёнамі. *Ланцугі харчавання*: 1. Пашавыя. 2. Дэтрытныя. *Харчовыя звёны*: а) заяц; б) вострамордая жаба; в) плесневыя грыбы; г) страказа; д) мнаганожка; е) асіна; ж) фітапланктон; з) плотка; і) дажджавы чарвяк; к) лось; л) макрыца; м) жук мерцвяед; н) лугавыя злакі; о) глебавыя бактэрыі. **6.** У стэпавых раёнах праводзілася вынішчэнне суслікаў шляхам раскідвання атручанай прыманкі. Акрамя суслікаў, гінулі лісы, якія не елі гэтую прыманку. Растлумачце з экалагічнага пункту гледжання прычыны гібелі ліс. **7.** Пабудуйце экалагічную піраміду энергіі, захоўваючы правіла 10 %, для харчовага ланцуга лугу: канюшына лугавая → матылёк → жаба → змяя, калі біямаса змяі за лета павялічылася на 0,2 кг.

§ 20. Прадукцыйнасць экасістэм

Паняцце аб біямасе і прадукцыі экасістэмы. Як вы ўжо ведаеце, рэчывы ў экасістэме выкарыстоўваюцца шматразова, ператвараючыся па прынцыпу кругавароту. Прычым у руху рэчываў удзельнічаюць жывыя арганізмы, таму кругаварот рэчываў з'яўляецца біягенным. Ён пачынаецца з паступлення хімічных элементаў з глебы (вада і мінеральныя солі) і атмасферы (вуглякіслы газ) у жывыя арганізмы — прадуцэнты. Прадуцэнты сінтэзуюць арганічныя рэчывы, частка якіх далей перадаецца па харчовым ланцугу кансументам, а частка — застаецца невыкарыстанай. Пэўная колькасць арганічных рэчываў прадуцэнтаў і канcу-

ментаў вяртаецца ў глебу з трупным матэрыялам, экскрэментамі (дэтрыт). У выніку дзейнасці рэдуцэнтаў яны ператвараюцца ў мінеральныя рэчывы, атамы якіх зноў уцягваюцца прадуцэнтамі ў кругаварот. Але зусім замкнутым кругаварот рэчываў быць не можа. Атамы некаторых хімічных элементаў могуць на доўгі час выводзіцца з кругавароту, збіраючыся ў літасферы ў складзе вапняку (мелу), каменнага вугалю, прыроднага газу, нафты, торфу, руд розных металаў.

Ператварэнне энергіі ў экасістэме ідзе некалькі інакш, чым ператварэнне рэчываў. Паток сонечнай энергіі, які трапляе ў экасістэму, як бы раздзяляецца на два рэчышчы — *пашавае* і *дэтрытнае*. У кожным з іх энергія расходуецца на падтрыманне жыццядзейнасці арганізмаў. Суадносіны колькасці энергіі, якая праходзіць праз пашавыя і дэтрытныя ланцугі, у розных тыпах экасістэм розная. Страта энергіі ў харчовых ланцугах можа быць кампенсавана толькі за кошт паступлення новых порцый сонечнай энергіі або гатовага арганічнага рэчыва (энергія корму). Таму ў экасістэме не можа быць кругавароту энергіі, аналагічнага кругавароту рэчываў. Экасістэма функцыянуе толькі за кошт накіраванага патоку энергіі.

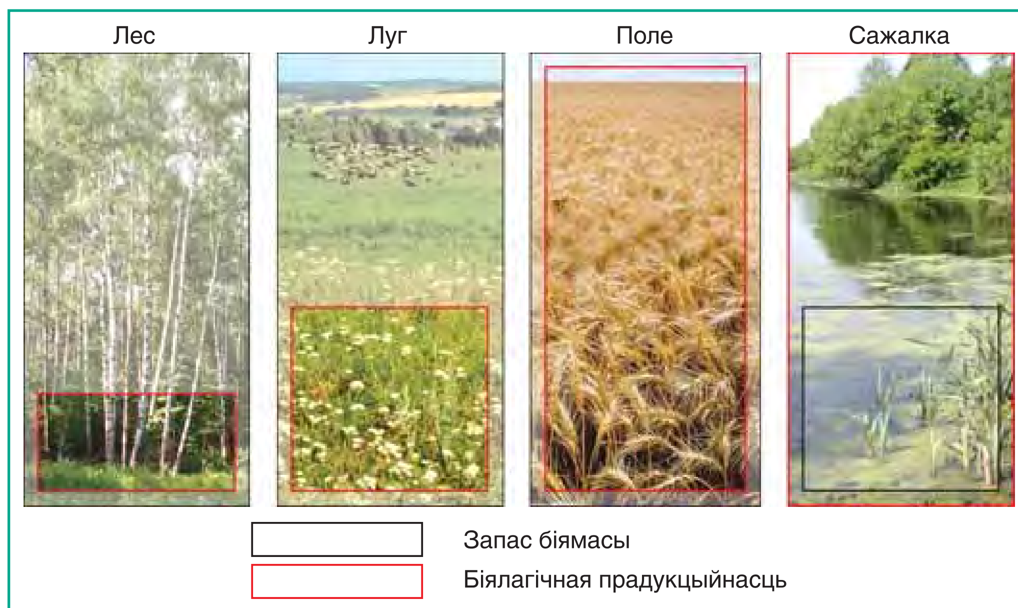
Дзякуючы шматразоваму выкарыстанню рэчыва і пастаяннаму прытоку энергіі экасістэмы здольны доўга падтрымліваць стабільнае існаванне. Прадуцэнты, кансументы і рэдуцэнты, якія іх насяляюць, пры гэтым забяспечваюць узнаўленне сваёй біямасы, нягледзячы на тое што запас рэчываў у біясферы абмежаваны і не папаўняецца. Хуткасць аднаўлення біямасы арганізмаў экасістэмы называецца *біялагічнай прадукцыйнасцю*. Яна выражаецца колькасцю ўтворанай прадукцыі.

Прадукцыя экасістэмы — колькасць біямасы, якая ўтвараецца ў экасістэме на адзінцы плошчы або ў адзінцы аб'ёму біятопа за адзінку часу.

Экасістэмы моцна адрозніваюцца па колькасці ўтворанай прадукцыі. Яна памяншаецца ў наступнай паслядоўнасці: трапічны лес → субтрапічны лес → лес у зоне ўмеранага клімату → стэп → акіян → пустыня.

Утвораная прадукцыя можа па-рознаму выдаткоўвацца ў розных экасістэмах. Калі хуткасць яе спажывання адстае ад хуткасці ўтварэння, то гэта вядзе да прыросту *біямасы экасістэмы* і назапашвання лішку дэтрыту. У выніку будзе назірацца ўтварэнне торфу на балотах, зарастанне дробных вадаёмаў, стварэнне запасу подсцілу ў таёжных лясах і г. д. У стабільных экасістэмах практычна ўся ўтвораная прадукцыя траціцца ў сетках харчавання. У выніку біямаса экасістэмы застаецца практычна пастаяннай.

Біямаса экасістэмы — агульная колькасць арганічнага рэчыва ўсіх жывых арганізмаў, якая назапасілася ў дадзенай экасістэме за папярэдні перыяд яе існавання.



Мал. 33. Суадносіны біямасы і біялагічнай прадукцыйнасці ў розных экасістэмах

Біямаса экасістэмы выражаецца ў адзінках сырой масы або масы сухога арганічнага рэчыва на адзінку плошчы: у г/м^2, кг/м^2, кг/га, т/км^2 (наземныя экасістэмы) або на адзінку аб'ёму (водныя экасістэмы).

Біямаса экасістэмы і яе біялагічная прадукцыйнасць могуць вельмі моцна адрозніваццa (мал. 33). Напрыклад, у густым лесе агульная біямаса арганізмаў вельмі вялікая ў параўнанні з яе гадавым прыростам — прадукцыяй. У той час як у сажалцы невялікая назапашаная біямаса фітапланктону мае высокую хуткасць узнаўлення — утварэння прадукцыі за кошт хуткага размнажэння.

Першасная і другасная прадукцыя. У залежнасці ад таго, якія рэчывы і энергія выкарыстоўваюцца для ўзнаўлення біямасы, у экасістэме адрозніваюць *першасную* і *другасную прадукцыйнасць*. Адпаведна, утвораная пры гэтым прадукцыя называецца першаснай і другаснай.

Першасная прадукцыя — біямаса, утвораная аўтатрофнымі арганізмамі (прадуцэнтамі) з мінеральных рэчываў у працэсе фота- або хемасінтэзу. Асноўную колькасць арганічных рэчываў, якія ўзнікаюць такім шляхам, ствараюць зялёныя расліны. Эфектыўнасць ператварэння спажытай імі сонечнай энергіі ў энергію хімічных сувязей арганічных рэчываў складае ў сярэднім 1 %. Гэта за-

канамернасць атрымала назву ***правіла* 1 %**. Першасная прадукцыя з'яўляецца вельмі важнай характарыстыкай экасістэмы. Менавіта назапашаная ў ёй энергія дазваляе існаваць усім гетэратрофным арганізмам (кансументам і рэдуцэнтам) і ствараць сваю прадукцыю.

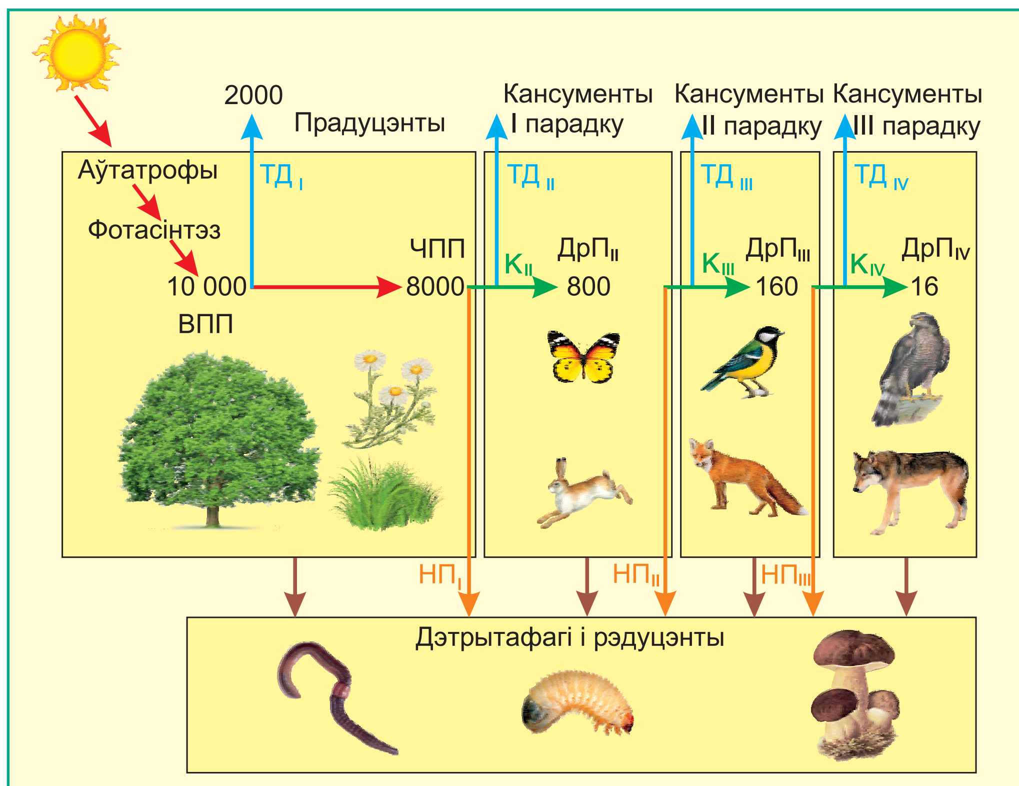
Другасная прадукцыя — біямаса, створаная гетэратрофнымі арганізмамі (кансументамі і рэдуцэнтамі) з арганічнага рэчыва пасля яго частковага расшчаплення.

Як першасная, так і другасная прадукцыя на трафічных узроўнях у пашавых ланцугах могуць выкарыстоўвацца для розных мэт (мал. 34). Уся першасная прадукцыя, створаная прадуцэнтамі ў выніку фотасінтэзу, называецца *валавой першаснай прадукцыяй* (ВПП). Яна з'яўляецца адзінай крыніцай энергіі для кансументаў. Тая частка прадукцыі папярэдняга трафічнага ўзроўню, якая спажываецца арганізмамі наступнага трафічнага ўзроўню, умоўна называецца *кормам* (К). Частка корму на кожным трафічным узроўні затрачваецца арганізмамі на падтрыманне працэсаў жыццядзейнасці — *траты на дыханне* (ТД). А другая яго частка пасля частковага расшчаплення выкарыстоўваецца на ўтварэнне біямасы кансументаў — *другаснай прадукцыі* (ДрП). Прадукцыя прадуцэнтаў, якая можа быць з'едзена кансументамі I парадку, называецца *чыстай першаснай прадукцыяй* (ЧПП).

Аднак не ўся прадукцыя, утвораная на трафічным узроўні, пераходзіць на наступны ўзровень у якасці корму. Частка яе, як правіла, застаецца на трафічным узроўні ў якасці запасу — *нявыкарыстаная прадукцыя* (НП). Сукупнасць нявыкарыстанай прадукцыі ўсіх трафічных узроўняў экасістэмы складае чыстую прадукцыю згуртавання.

Чыстая прадукцыя згуртавання (ЧПЗ) — частка прадукцыі экасістэмы, якая можа быць выкарыстана ў межах самой экасістэмы для яе развіцця. Яна таксама можа быць забрана чалавекам без урону для экасістэмы. У маладых экасістэмах, дзе колькасць кансументаў яшчэ невялікая, запас чыстай прадукцыі згуртавання вялікі. Такія экасістэмы можна браць у гаспадарчы абарот. Па меры ўскладнення відавога складу экасістэмы колькасць чыстай прадукцыі згуртавання паступова зніжаецца. На канчатковай стадыі развіцця экасістэмы яна набліжаецца да нуля. Умяшанне ў такія раўнаважныя экасістэмы можа парушыць харчовыя сувязі паміж арганізмамі і прывесці да разбурэння экасістэм.

Пры размеркаванні першаснай і другаснай прадукцыі на трафічных узроўнях экасістэмы захоўваецца *балансавая роўнасць*. Гэта азначае, што на кожным трафічным узроўні сума ўсіх відаў прадукцыі роўна колькасці прадукцыі, якая паступіла з папярэдняга ўзроўню ў якасці корму. Пры рашэнні задач на балансавую



Мал. 34. Схема размеркавання прадукцыі ў экасістэме:
— сонечная энергія; — корм (К); — траты на дыханне (ТД); — нявыкарыстаная прадукцыя (НП); — дэтрыт

роўнасць трэба ўлічваць наступныя заканамернасці размеркавання відаў прадукцыі ў экасістэме:

1) валавая першасная прадукцыя (ВПП) = траты на дыханне ($ТД_I$) + чыстая першасная прадукцыя (ЧПП);

2) чыстая першасная прадукцыя (ЧПП) = нявыкарыстаная прадукцыя ($НП_I$) + корм ($К_{II}$);

3) корм ($К_{II}$) = траты на дыханне ($ТД_{II}$) + другасная прадукцыя ($ДрП_{II}$);

4) другасная прадукцыя ($ДрП_{II}$) = нявыкарыстаная прадукцыя ($НП_{II}$) + корм ($К_{III}$) і г. д.;

5) чыстая прадукцыя згуртавання (ЧПЗ) = нявыкарыстаная прадукцыя ($НП_I$) + нявыкарыстаная прадукцыя ($НП_{II}$) + ... + нявыкарыстаная прадукцыя ($НП_n$).

Рымская лічба ў падрадковым індэксе абазначае нумар трафічнага ўзроўню ў харчовым ланцугу.

Прыклады рашэння задач на балансавую роўнасць прыведзены ў канцы дапаможніка (***Дадатак В***).

У экасістэме адбываецца бесперапынны кругаварот рэчываў і накіраваны паток энергіі. Дзякуючы гэтаму ідзе ўтварэнне біямасы арганізмаў. Хуткасць аднаўлення біямасы называецца біялагічнай прадукцыйнасцю. Яна выражаецца колькасцю прадукцыі — біямасай, якая ўтвараецца на адзінцы плошчы або ў адзінцы аб'ёму за адзінку часу. Адрозніваюць першасную і другасную прадукцыю. Уся нявыкарыстаная прадукцыя называецца чыстай прадукцыяй згуртавання.

1. Дайце азначэнне прадукцыі і біямасы экасістэмы. **2.** Як змяненне суадносін прадукцыі і біямасы ў экасістэме можа паўплываць на яе стан? Прывядзіце прыклады. **3.** Якая прадукцыя называецца першаснай, а якая — другаснай? Чаму? **4.** Дакажыце, што кругаварот рэчываў у экасістэме з'яўляецца вынікам узаемадзеяння прадуцэнтаў, кансументаў і рэдуцэнтаў. Растлумачце, чаму ў экасістэме няма кругавароту энергіі. **5.** Што такое чыстая прадукцыя згуртавання? Як яна змяняецца па меры развіцця экасістэмы? **6.** З пералічаных ніжэй экасістэм устанавіце паслядоўнасць, у якой будзе назірацца памяншэнне колькасці ўтворанай прадукцыі: стэп, лес зоны ўмеранага клімату, пустыня, акіян, трапічны лес, субтрапічны лес. **7.** Пералічаныя ў дужках экасістэмы (сажалка, лес, луг) размясціце ў паслядоўнасці павелічэння паказчыка адносін біялагічнай прадукцыйнасці да запасу біямасы. Растлумачце прычыну адрозненняў дадзенага паказчыка ў гэтых экасістэмах.

§ 21. Біятычныя ўзаемаадносіны папуляцый у экасістэмах

Як вядома, паміж папуляцыямі розных відаў у экасістэме ўзнікаюць трафічныя, тапічныя, фарычныя і фабрычныя сувязі. На аснове гэтых сувязей фарміруюцца розныя біятычныя ўзаемаадносіны, якія могуць па-рознаму адлюстроўвацца на колькасці і жыццядзейнасці папуляцый розных відаў у экасістэме.

Амерыканскі эколаг Ю. Одум прапанаваў класіфікаваць біятычныя ўзаемаадносіны па характары іх уплыву на віды, якія ўзаемадзейнічаюць. У адпаведнасці з гэтай класіфікацыяй любыя ўзаемаадносіны можна апісаць з дапамогай спалучэння двух сімвалаў, якія паказваюць яго вынікі для відаў. Сімвал «0» азначае адсутнасць значных для віду вынікаў дадзеных узаемаадносін. Карысць для віду ад узаемадзеяння з іншым відам абазначаецца сімвалам «+», а адмоўны ўплыў — сімвалам «−». Выкарыстоўваючы гэтыя сімвалы, характарыстыку найбольш распаўсюджаных у экасістэме тыпаў узаемаадносін відаў пакажам у табліцы 3.

Табліца 3. **Класіфікацыя біятычных узаемаадносін**

Тып узаемаадносін	Від А	Від Б	Характарыстыка ўзаемадзеяння
Канкурэнцыя	–	–	Прамое і непрамое падаўленне абодвух відаў пры дэфіцыце агульнага рэсурсу
Паразітызм	+	–	Паразіт атрымлівае карысць, а гаспадар прыгнятаецца
Драпежніцтва	+	–	Драпежнік атрымлівае карысць, а ахвяра нясе ўрон
Каменсалізм	+	0	Від А атрымлівае карысць, а віду Б гэта ўзаемадзеянне абыякавае
Мутуалізм	+	+	Узаемадзеянне для абодвух відаў спрыяльнае і абавязковае

Для рэгуляцыі колькасці папуляцый у экасістэме найбольшае значэнне маюць такія ўзаемаадносіны, як канкурэнцыя і драпежніцтва.

Канкурэнцыя (ад лац. *concurrentia* — саперніцтва) — узаеманявыгадны тып узаемаадносін паміж відамі з падобнымі патрэбамі. Яна праяўляецца або ў форме агрэсіі, калі арганізмы ўступаюць у прамую, адкрытую барацьбу (*прамая канкурэнцыя*), або ў форме *ўскоснай канкурэнцыі* за рэсурс. У выніку прамой канкурэнцыі асобіны знішчаюць адзін другога шляхам прамога нападзення. Напрыклад, шэры пацук большы і больш агрэсіўны за чорнага, у сутычках часцей атрымлівае перамогу. Таму ў паселішчах чалавека ў Еўропе шэры пацук амаль выцесніў чорнага. У выпадку ўскоснай канкурэнцыі колькасць папуляцый абодвух відаў зніжаецца ў выніку гібелі асобін з-за недахопу агульнага рэсурсу. Прыкладам можа служыць канкурэнцыя паміж раслінамі розных відаў за святло, ваду і мінеральныя рэчывы. Было заўважана, што блізкароднасныя віды з аднолькавымі патрэбамі, як правіла, не існуюць разам. Адзін від (больш канкурэнтназдольны) выцясняе другі (менш канкурэнтназдольны). Гэты прынцып важна ўлічваць пры ўсяленні відаў у другое асяроддзе.

Драпежніцтва — тып узаемаадносін відаў розных трафічных узроўняў, калі адзін від (*драпежнік*) жыве за кошт другога (*ахвяры*) у выніку яго забіцця і паядання. Па сутнасці справы да гэтага тыпу ўзаемаадносін можна аднесці ўсе варыянты трафічных сувязей. Аднак калі ў якасці ахвяры выступаюць расліны, то гэтыя ўзаемаадносіны называюць *раслінаеднасцю*. У ходзе эвалюцыі драпежнік і ахвяра паралельна эвалюцыяніруюць, прыстасоўваюцца адзін да другога (*каэвалюцыя*). Прыкладамі драпежніцтва з’яўляюцца ўзаемаадносіны: павук — муха, сава — мыш, удаў — трус, каракаціца — рыба-іголкабрух і інш.

Сукупнасць такіх узаемаадносін, як паразітызм, каменсалізм і мутуалізм, называюць сімбіёзам.

Сімбіёз (ад грэч. *symbíōsis* — сумеснае жыццё) — працяглае сумеснае жыццё двух або некалькіх відаў, якія атрымліваюць з яго ўзаемную або аднабаковую карысць. Асновай для сімбіёзу могуць быць трафічныя і тапічныя сувязі. Пры гэтым кожны з сімбіёнтаў або можа жыць самастойна, або адзін з іх (або абодва) аказваецца ў такой залежнасці ад другога, што самастойна існаваць не можа. Паводле характару адносін паміж партнёрамі выдзяляюць тры тыпы сімбіёзу.

Паразітызм (ад грэч. *parásitos* — нахлебнік) — тып узаемаадносін арганізмаў розных відаў, з якіх адзін (паразіт) выкарыстоўвае другога (гаспадара) у якасці асяроддзя пражывання і крыніцы жыўлення. Паразітызм узнік на аснове трафічных і тапічных сувязей. Паразіт заўсёды меншы за гаспадара, ён аслабляе, але не знішчае гаспадара, інакш загіне сам. Паразітызм распаўсюджаны сярод дробных арганізмаў — вірусаў, бактэрый, грыбоў. Сустракаецца і сярод некаторых раслін (павітуха, заразіха), чарвей і інш. У ходзе эвалюцыі фарміруюцца ўзаемныя прыстасаванні паразіта і гаспадара (*каэвалюцыя*). Прыкладамі паразітызму могуць служыць наступныя ўзаемаадносіны: аскарыда — чалавек, пячоначны смактун — буйная рагатая жывёла, фітафтора — таматы.

Паразітызм, таксама як і драпежніцтва і канкурэнцыя, іграе важную ролю ў рэгуляцыі колькасці папуляцый у прыродзе. Неразумнае ўмяшанне ў гэтыя ўзаемаадносіны часта наносіць шкоду прыродзе і чалавеку.

Камeнсалізм (ад лац. *commensalis* — сатрапезнік) — тып узаемаадносін, пры якім адзін від атрымлівае карысць, не прыносячы ні шкоды, ні карысці другому віду. Калі ўзаемаадносіны ўзнікаюць на аснове трафічных сувязей, то такая форма камeнсалізму называецца н а х л е б н і ц т в а м. Напрыклад, птушкі жывяцца рэшткамі ежы кракадзілаў (мал. 35), а пясцы даядаюць рэшткі трапезы белага мядзведзя. Калі ж віды ўзаемадзейнічаюць на аснове тапічных сувязей, то гэта

Нахлебніцтва

Кватэрантства

Мал. 35. Камeнсалізм

праяўленне каменсалізму называецца кватрырантствам. Напрыклад, рыбы-прыліпалы і водная чарапаха (гл. мал. 35), беспазваночныя ў гнёздах птушак.

Мутуалізм (ад лац. *mutuus* — узаемны) — узаемавыгадны і абавязковы для жыцця хаця б аднаго з відаў тып узаемаадносін. Пры парушэнні гэтых узаемаадносін жыццё аднаго або абодвух відаў становіцца немагчымым. Прыкладам могуць служыць адносіны клубеньчыкавых бактэрый і бабовых раслін, шапачкавага грыба і дрэвавай расліны (мал. 36).

Мал. 36. Мутуалізм (мікарыза, утвораная масляком на каранях лістоўніцы)

Біятычныя ўзаемаадносіны маюць вялікае экалагічнае значэнне. Яны ўдзельнічаюць у самарэгуляцыі любой экасістэмы, дапамагаючы захаваць яе ўстойлівасць. Каменсалізм забяспечвае максімальнае выкарыстанне харчовых рэсурсаў і асяроддзя пражывання. Паразіты і драпежнікі рэгулююць колькасць папуляцый гаспадара і ахвяры. Ахвяра, збягаючы ад свайго праследаваценя, рассяляецца і пашырае свой арэал. Узаемавыгадныя ўзаемаадносіны садзейнічаюць лепшаму выжыванню відаў, іх размнажэнню, гэта значыць падтрымліваюць відавую разнастайнасць.

Біятычныя ўзаемаадносіны ў экасістэме фарміруюцца на аснове сувязей паміж папуляцыямі розных відаў. Найбольшае значэнне для рэгуляцыі колькасці папуляцыі маюць: канкурэнцыя, драпежніцтва, сімбіёз (паразітызм, каменсалізм, мутуалізм). Устойлівасць экасістэмы забяспечваецца дзякуючы ўзаемаўраўнаважанню гэтых адносін.

1. Якія тыпы ўзаемаадносін могуць узнікаць паміж папуляцыямі розных відаў? **2.** У саваннах Афрыкі ў адных і тых жа ўмовах пражываюць раслінаедныя карлікавая антылопа, жырафападобная антылопа і антылопа гну. Чаму паміж імі няма жорсткай канкурэнцыі за ежу? **3.** Драпежныя млекакормячыя маюць нямала асаблівасцей, якія дапамагаюць ім на паляванні. Аднак у прыродзе колькасць саміх драпежнікаў і іх ахвяр застаецца прыкладна на адным узроўні. Чаму? **4.** Вызначце суадносіны паміж тыпамі ўзаемаадносін і іх прыкладамі. *Тыпы ўзаемаадносін*: 1. Паразітызм.

2. Каменсалізм. 3. Мутуалізм. 4. Канкурэнцыя. 5. Драпежніцтва. *Прыклады*: а) падасінавік — асіна; б) пясцы — белы мядзведзь; в) рыбы-прыліпалы — водныя чарапахі; г) фітафтора — таматы; д) павукі — мухі; е) клубеньчыкавыя бактэрыі — бабовыя расліны; ж) пячоначны смактун — буйная рагатая жывёла; з) шэры пацук — чорны пацук; і) удаў — трус; к) культурныя расліны — пустазелле. **5.** Існуе ўяўленне аб тым, што адны віды арганізмаў шкодныя, а другія карысныя. Ці правільна гэта? Дайце аргументаваны адказ і пацвердзіце яго прыкладамі.

§ 22. Дынаміка экасістэм

Любая экасістэма дастаткова зменлівая, нягледзячы на адносную стабільнасць яе структуры. Змяненне стану экасістэмы ў адказ на змену ўмоў асяроддзя называецца *дынамікай экасістэмы*. Тып дынамікі залежыць ад характару змянення экалагічных фактараў асяроддзя. Пад іх уплывам адбываецца змяненне ўласцівасцей і структуры папуляцый, іх узаемаадносін і складу. Змяненне фактараў асяроддзя можа насіць цыклічны або аднанакіраваны характар. У выніку гэтага могуць узнікаць *перыядычныя* або *паступальныя* змяненні экасістэмы.

Сезонная дынаміка экасістэм — перыядычныя змяненні экасістэм, звязаныя са зменай пораў года. Вы ўжо ведаеце, што змена пораў года адбываецца ў выніку вярчэння Зямлі вакол Сонца. Пры гэтым важную ролю адыгрывае размяшчэнне яе восі пад вуглом да плоскасці арбіты. У залежнасці ад становішча Зямлі адносна Сонца ў экасістэму трапляе розная колькасць сонечнага святла, цяпла, вільгаці. Найбольш рэзкія змяненні гэтых фактараў пры змене пораў года назіраюцца ва ўмераных і высокіх шыротах. Менавіта ў напрамку ад экватара да полюсаў адзначаецца ўзмацненне выражанасці сезоннай дынамікі экасістэм.

У раслінным згуртаванні на працягу года дакладна прасочваецца чаргаванне пэўных перыядаў. Пасля зімняга спакою наступае актыўная вегетацыя, цвіценне, пладаношэнне, затым лістапад і падрыхтоўка да зімы.

У жывёльным свеце размнажэнне асобін звязана з наяўнасцю кармавой базы для патомства, якая таксама залежыць ад пары года. Напрыклад, крыжадзюбы выводзяць птушанят у лютаўскія маразы, калі раскрываюцца яловыя шышкі і ёсць шмат насення. Гракі выкормліваюць сваіх птушанят дажджавымі чарвямі ранняй вясной, калі іх лёгка здабываць на ўзараным полі.

Сезонныя змяненні забяспечваюць выжыванне відаў на працягу года, калі кліматычныя ўмовы змяняюцца ў шырокіх межах. Напрыклад, пры наступленні неспрыяльнага перыяду адбываюцца міграцыі і качэўе ў птушак. Некаторыя млекакормячыя ўпадаюць у спячку, у паўзуноў і земнаводных наступае здранцвенне, у пратыстаў утвараюцца цысты.

У выніку сезонных змяненняў назіраецца змяненне не толькі якасных, але і колькасных характарыстык экасістэмы. Некаторыя віды практычна цалкам выключаюцца з жыцця згуртавання ў пэўныя перыяды (спячка, здранцвенне, міграцыі і г. д.). Змяняюцца па сезонах і ярусы. Некаторыя ярусы могуць цалкам знікнуць у пэўны сезон: напрыклад, расліны-аднагодкі зімой. Усе вышэйпералічаныя змяненні носяць перыядычны характар. Яны не змяняюць саму сутнасць экасістэмы, таму і не прыводзяць да яе змены. Напрыклад, летні лес моцна адрозніваецца ад зімняга як якасна, так і колькасна. Але ён па-ранейшаму застаецца лесам, а не становіцца, напрыклад, лугам.

Паняцце экалагічнай сукцэсіі. Паступальныя змяненні экасістэмы адбываюцца ў выніку аднанакіраванага змянення ўмоў асяроддзя. Прычынай змянення ўмоў асяроддзя ў экасістэме могуць быць як знешнія (змяненне клімату), так і ўнутраныя (жыццядзейнасць папуляцый) фактары. У выніку накіраванага змянення абіятычных і біятычных фактараў асяроддзя існуючыя ў экасістэме папуляцыі пачынаюць вымiраць. Новыя ўмовы асяроддзя становяцца непрыгоднымі для іх існавання. Сіла ўздзеяння экалагічных фактараў выходзіць за межы вынослівасці папуляцый. Замест іх засяляюцца новыя папуляцыі, для якіх гэтыя ўмовы спрыяльныя. Гэта прыводзіць да змены аднаго біяцэнозу другім з новым наборам відаў. У выніку адбываецца змена ўсёй экасістэмы. Новая экасістэма зменіцца наступнай пэўнай экасістэмай па той жа прычыне. І так будзе адбывацца да тых пор, пакуль не стабілізуюцца ўмовы асяроддзя. Гэта прывядзе да фарміравання канчатковай раўнаважнай экасістэмы, і *сукцэсія* завяршыцца.

Сукцэсія (ад лац. *successio* — пераемнасць, паслядоўнасць) ***— заканамерная, паслядоўная змена адных экасістэм другімі на пэўнай тэрыторыі пад уплывам накіраванага змянення прыродных фактараў або дзейнасці чалавека.***

Ланцуг экасістэм, якія змяняюць адна адну, называецца *сукцэсійным радам* або *серыяй*, а самі экасістэмы — *серыяльнымі стадыямі*. Экасістэма, у якой дасягаецца раўнаважны стан згуртавання і навакольнага асяроддзя, называецца *клімаксавай стадыяй* або *клімаксам* (ад грэч. *klímax* — сталая ступень). Тыповымі клімаксавымі экасістэмамі з’яўляюцца тундра, тайга, кавыльны стэп. Тэарэтычна клімаксавая экасістэма здольна падтрымліваць сябе неабмежавана доўга. У адрозненне ад серыяльных стадый гадавая прадукцыя клімаксавай экасістэмы ўраўнаважвае яе гадавое спажыванне.

Выдзяляюць два асноўныя тыпы сукцэсій у залежнасці ад першапачатковага стану субстрату — першасныя і другасныя.

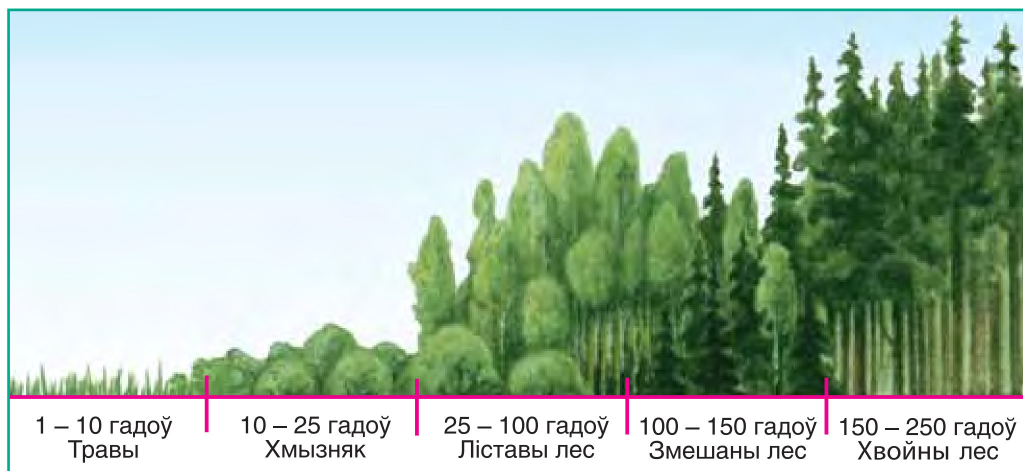
Першасныя сукцэсіі пачынаюцца на месцы, якое раней было пазбаўлена жыцця. Напрыклад, на застылай лаве пасля вывяржэння вулканаў, на марскіх

астравах пасля землетрасенняў, на пясчаных дзюнах, на голых скалах, наносах рэк. Пры першасных сукцэсіях серыяльныя стадыі змяняюць адна другую на працягу значнага прамежку часу. Дасягненне клімаксавай стадыі займае працяглы перыяд (стагоддзі і тысячагоддзі). Пры гэтым пачатковыя стадыі значна больш працяглыя, чым канцавыя.

Першасная сукцэсія на пясчаных дзюнах адбываецца наступным чынам. На голых пясках пасяляюцца некаторыя злакі, вярба востралістая і іншыя расліны-псамафіты (пескалюбы). Яны здольны жыць ва ўмовах засухі. Разам з імі будуць засяляцца норныя павукі, конікі, рыючыя восы. Потым з'явіцца разнатраўе. Ствараецца арганічнае рэчыва, якое ўзбагачае субстрат. З'яўляецца сасна, якая замацоўвае пяскі, потым ліставыя пароды. Багацейшым становіцца жывёльны свет. Новыя месцы засяляюць мурашкі, кабылкі, жукі, дажджавыя чэрві, малюскі, грызуны і іншыя насельнікі ліставога лесу. Такім чынам, галоўная роля ў гэтай сукцэсіі належыць раслінам. Яны выклікаюць змяненні ў глебе, якія служаць асновай для змянення відавога складу экасістэмы.

Другасныя сукцэсіі пачынаюцца на месцы разбуранай экасістэмы. Прыкладам можа служыць зарастанне закінутых палёў, лясной высечкі, забруджаных вадаёмаў. Другаснай сукцэсіяй з'яўляецца таксама аднаўленне лугоў і лясоў пасля пажару, засухі, паводкі, эрозіі. У сучасных умовах другасныя сукцэсіі назіраюцца паўсюдна. Змена серыяльных стадый і дасягненне клімаксу ў гэтым выпадку адбываецца значна хутчэй (дзясяткі і сотні гадоў), чым пры першасных сукцэсіях. У разбураных экасістэмах, у адрозненне ад месцаў, дзе няма жыцця, захоўваецца глеба, насенне раслін, некаторая колькасць жывых насельнікаў. Дзякуючы гэтаму пачатковыя стадыі другасных сукцэсій менш працяглыя, чым першасных.

У якасці прыкладу разгледзім другасную антрапагенную сукцэсію, якая працякае на месцы лясного пажару (мал. 37). У першыя дзесяць гадоў на месцы пажарышча развіваецца густы травастой з пажарніцы наземнай, іван-чая вузкалістага, братаўкі дуброўнай і іншых відаў у залежнасці ад тыпу ўгоддзяў. У наступныя 10—25 гадоў адбываецца зарастанне хмызняком. Першымі з дрэў з'яўляюцца бяроза і асіна. Іх насенне пераносіцца ветрам і, прарастаючы, лёгка дае парасткі. На працягу 25—100 гадоў фарміруецца ліставы лес. З цягам часу кроны дрэў змыкаюцца і для парасткаў ствараюцца неспрыяльныя ўмовы. Пад полагам бяроз і асін прарастае насенне елкі, і праз 100—150 гадоў фарміруецца змешаны лес. Елка, зацяняючы, паступова выцясняе бярозу і асіну. У выніку змешаны лес праз 150—250 гадоў замяняецца яловым, які можа існаваць бясконца доўга. Яловы лес з'яўляецца клімаксавай стадыяй, паколькі пад яго полагам можа ісці аднаўленне толькі елкі.



Мал. 37. Схема другаснай сукцэсіі на месцы лясного пажару ва ўмераным поясе

Сталая клімаксавая экасістэма валодае высокай устойлівасцю. Чым большая разнастайнасць відаў у экасістэме і складанейшыя трафічныя сувязі паміж імі, тым больш устоўлівая экасістэма. Пры высокай відавой разнастайнасці кансументы маюць шырокую сетку харчовых рэсурсаў. У выпадку недахопу або адсутнасці аднаго віду корму яны здольны пераключыцца на другую крыніцу жыўлення. Гэта дае магчымасць корму, якога не хапае, аднавіцца. Так усталёўваецца дынамічная раўнавага паміж харчовымі рэсурсамі і іх спажыўцамі ва ўмовах пастаянных змяненняў асяроддзя.

Сезонная дынаміка — перыядычныя змяненні экасістэмы, звязаныя са зменай пораў года. Яна не прыводзіць да змены экасістэмы. Сукцэсія — заканамерная, паслядоўная змена адных экасістэм другімі на пэўнай тэрыторыі. Яна ўключае серыяльныя стадыі і стадыю клімаксу. Сукцэсіі бываюць першасныя і другасныя.

1. Чым сезонная дынаміка экасістэмы адрозніваецца ад сукцэсіі? **2.** Дайце азначэнне сукцэсіі. Якія бываюць тыпы сукцэсій? **3.** Што такое клімаксавая стадыя сукцэсіі? Чым яна адрозніваецца ад серыяльнай стадыі? **4.** Прааналізуйце механізмы першаснай і другаснай сукцэсій. У чым іх адрозненне? **5.** Вызначце, якія з пералічаных ніжэй сукцэсій з'яўляюцца першаснымі, а якія — другаснымі: аднаўленне лугу пасля пажару, ператварэнне вадаёма ў балота, з'яўленне лесу на месцы вулканічнай лавы, ператварэнне лугу ў пустку, зарастанне пясчанай дзюны. **6.** Складзіце экалагічны прагноз працякання першаснай сукцэсіі на месцы застылай вулканічнай лавы.

§ 23. Аграэкасістэмы і іх асаблівасці

Паняцце аб аграэкасістэмах. Чалавек атрымлівае дастаткова многа розных відаў прадукцыі ад прыродных экасістэм. Тым не менш асноўнай крыніцай харчовых рэсурсаў для яго з'яўляецца сельская гаспадарка. Сельскагаспадарчая дзейнасць чалавека здольна змяняць прыродныя экасістэмы. Акрамя таго, чалавек можа фарміраваць штучныя экасістэмы і падтрымліваць іх існаванне з мэтай атрымання сельскагаспадарчай прадукцыі. Гэтыя штучныя экасістэмы называюцца аграэкасістэмамі.

Аграэкасістэмы (ад грэч. *agrós* — поле) ***— штучныя экасістэмы, якія створаны і выкарыстоўваюцца чалавекам для атрымання сельскагаспадарчай прадукцыі або адпачынку.***

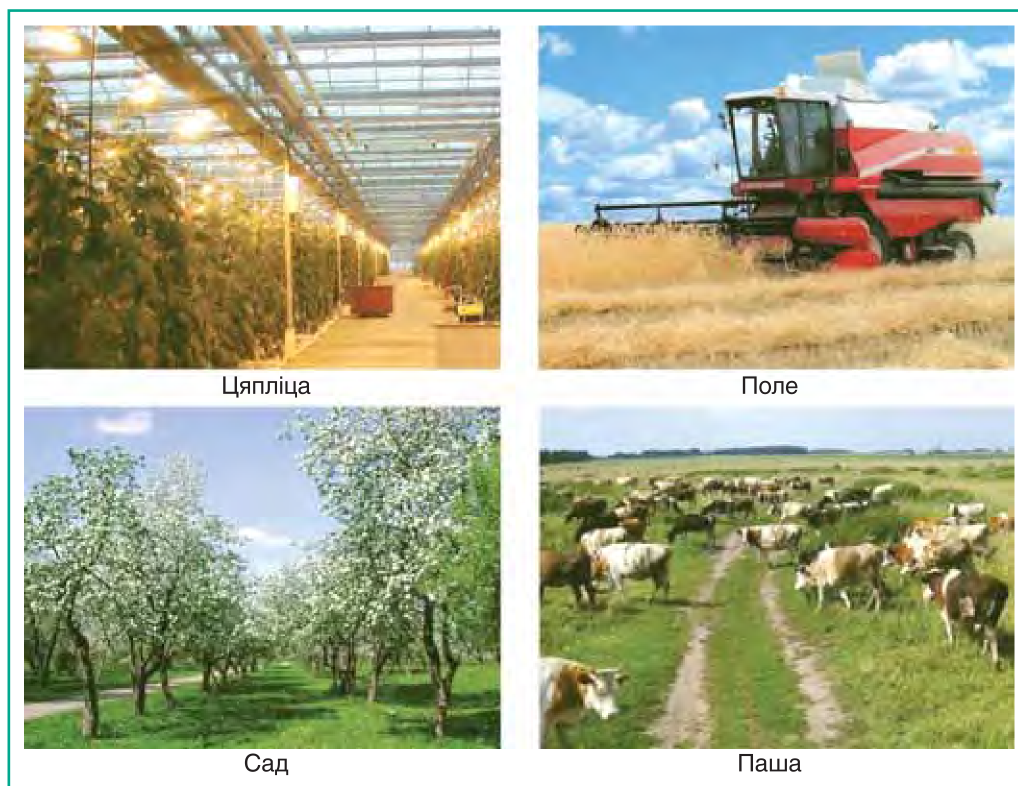
Аграэкасістэмы займаюць прыкладна 30 % свабоднай ад лёду сушы нашай планеты. З іх каля 10 % прыходзіцца на ворныя землі, амаль 20 % займаюць пашы.

У Рэспубліцы Беларусь сельскагаспадарчая прадукцыя як тавар адыгрывае важную ролю ў эканоміцы. Плошча сельскагаспадарчых угоддзяў складае каля 75 %. З іх на долю ворных зямель прыходзіцца прыкладна 60 %. Асноўнымі тыпамі аграэкасістэм у нашай краіне з'яўляюцца: ворныя палі, сенакосы і пашы, фруктовыя сады, агароды, цяпліцы, фермы, сажалкі (мал. 38).

Індустрыялізацыя сельскай гаспадаркі мае не толькі плюсы, але і мінусы. Сучасныя аграэкасістэмы ўяўляюць экалагічную небяспеку для прыродных экасістэм. Хімічныя сродкі, якія прымяняюцца для барацьбы са шкоднікамі, — *пестыцыды* з дапамогай вады, паветра па ланцугах харчавання пераносяцца ў прыродныя экасістэмы, забруджваюць іх. Значыць, трэба пашыраць прымяненне біялагічных метадаў барацьбы. Залішняе ўнясенне мінеральных і арганічных угнаенняў можа выклікаць забруджванне грунтавых вод і паверхневых вадаёмаў. Пустазелле і насякомыя-шкоднікі з аграэкасістэм здольны мігрыраваць у прыродныя экасістэмы і адмоўна ўплываць на іх.

Для таго каб знізіць негатыўнае ўздзеянне аграэкасістэм на прыроднае асяроддзе, у Рэспубліцы Беларусь праводзіцца вялікая работа па стварэнні прадуктыўных, высокаэканамічных і экалагічных агракомплексаў.

Інстытут агародніцтва НАН Рэспублікі Беларусь распрацаваў комплекс машын па вырошчванні агароднiны з прымяненнем сучасных тэхналогій. Напрыклад, культыватар-апырскавальнік не толькі апрацоўвае міжраддзі гародніны, але і ўносіць раствaральныя пестыцыды і мінеральныя ўгнаенні. Яго можна выкарыстоўваць для апрацоўкі бульбы і іншых прапашных культур. Камбінаваны пасяўны агрэгат адначасова апрацоўвае глебу, рыхтуе яе да севу і высявае пункцірным спосабам насенне гародніны. Пры гэтым ён ажыццяўляе дазіраванае ўнясенне гранулiраваных мі-



Мал. 38. Аграэкасістэмы

неральных угнаенняў. ААТ «Бабруйскаграмаш» упершыню выпусціў машыны для ўнутрыглебавага ўнясення вадкіх арганічных угнаенняў. На гэтым прадпрыемстве распрацаваны машыны для дазіраванага ўнясення цвёрдых арганічных і мінеральных угнаенняў.

Структура аграэкасістэмы. Аграэкасістэмы з'яўляюцца біясістэмамі таго ж узроўню арганізацыі, што і прыродныя экасістэмы. Яны ўключаюць згуртаванне і біятоп, якія звязаны абменам рэчыва і энергіі.

Згуртаванне складаецца з прадуцэнтаў, кансументаў і рэдуцэнтаў. Яны ўзаемадзейнічаюць за кошт трафічных сувязей, дзякуючы чаму ажыццяўляюць кругаварот рэчываў. Адрозненне згуртавання аграэкасістэмы ад прыроднага згуртавання адзначаецца на ўзроўні відавога складу функцыянальных груп арганізмаў і іх узаемасувязей. Кожная функцыянальная група складаецца з невялікай колькасці спецыфічных груп. Сярод прадуцэнтаў дамінуе культурны від раслін, ёсць некалькі відаў спадарожнага пустазелля. Кансументы прадстаўлены беспазваноч-

нымі, паразітычнымі грыбамі і бактэрыямі, якія жывяцца пераважна культурнымі раслінамі. Часам могуць прысутнічаць дробныя грызуны, некаторыя птушкі. На пашах дамінуюць віды свойскіх жывёл. Функцыю рэдуцэнтаў выконваюць глебавыя грыбы, бактэрыі, дажджавыя чэрві. Чалавек пастаянна парушае ўзаемадзеянне відаў у згуртаванні, ажыццяўляючы розныя прыёмы агратэхнікі.

Адрозненні аграэкасістэм ад прыродных экасістэм. Аграэкасістэмы істотна адрозніваюцца ад прыродных экасістэм (табл. 4).

Табліца 4. **Параўнальная характарыстыка экасістэм**

Крытэрыі параўнання	Прыродныя экасістэмы	Аграэкасістэмы
Паходжанне	Першасныя прыродныя структурныя адзінкі біясферы, якія ўтварыліся ў выніку працяглай эвалюцыі	Другасныя штучныя структурныя адзінкі біясферы, створаныя чалавекам
Відавая структура	Складаныя сістэмы з вялікай відавой разнастайнасцю, у якіх дамінуе некалькі відаў. Відавая структура фарміруецца пад уздзеяннем фактараў асяроддзя. Культурныя (сельскагаспадарчыя) расліны адсутнічаюць	Спрошчаныя сістэмы з невялікай відавой разнастайнасцю. У іх дамінуе, як правіла, адзін культывуемы чалавекам від раслін або жывёл. Відавая структура фарміруецца як пад дзеяннем фактараў асяроддзя, так і пры вызначальнай ролі чалавека
Устойлівасць	Уласціва ўстойлівая дынамічная раўнавага за кошт самарэгуляцыі і разнастайнасці трафічных сувязей. Харчовыя ланцугі доўгія (3—5 звёнаў), а харчовая сетка складаная	Няўстойлівыя, без падтрымкі чалавека хутка разбураюцца. Самарэгуляцыя адсутнічае. Харчовыя ланцугі кароткія (2—3 звяны), харчовая сетка простая
Прадукцыйнасць	Прадукцыйнасць вызначаецца колькасцю наяўнай сонечнай энергіі і ступенню замкнёнасці кругавароту рэчываў	Прадукцыйнасць вызначаецца колькасцю сукупнай энергіі (сонечная энергія + энергія, якую прыўносіць чалавек), якая трапляе ў сістэму. Яна залежыць ад эканамічных магчымасцей грамадства
Кругаварот рэчываў	Кругаварот рэчываў поўны і замкнёны. Уся чыстая першасная прадукцыя выкарыстоўваецца кансументамі і рэдуцэнтамі	Кругаварот рэчываў няпоўны і незамкнёны. Асноўную частку чыстай першаснай прадукцыі ў выглядзе ўраджаю чалавек забірае для сваіх патрэб і на корм жывёле. Узятыя на ўзроўні прадуцэнтаў рэчывы ўзнаўляюцца на ўзроўні дэтрытных ланцугоў у выглядзе арганічных (дэтрыт) або мінеральных угнаенняў

Працяг табл.

Крытэрыі параўнання	Прыродныя экасістэмы	Аграэкасістэмы
Экалагічная бяспека	Экалагічна бяспечныя, не з'яўляюцца крыніцай забруджвальных рэчываў	Экалагічна небяспечныя, з'яўляюцца крыніцай забруджвальных рэчываў. Здольны ўплываць на ўстойлівасць прыродных экасістэм

Аграэкасістэмы — штучныя сістэмы, якія стварыў і падтрымлівае чалавек з мэтай атрымання сельскагаспадарчай прадукцыі або адпачынку. Адметнымі асаблівасцямі аграэкасістэмы з'яўляюцца: невялікая відавая разнастайнасць, нізкая ўстойлівасць, няздольнасць да самарэгуляцыі, няпоўны і незамкнёны кругаварот рэчываў, наяўнасць дадатковай крыніцы энергіі, высокая біялагічная прадукцыйнасць.

1. Параўнайце аграэкасістэмы і прыродныя экасістэмы. У чым іх адрозненне? **2.** Растлумачце, чаму ў аграэкасістэмах насякомыя-шкоднікі могуць дасягаць вялікай колькасці, а ў прыродных экасістэмах іх колькасць адносна пастаянная. **3.** Чаму ў аграэкасістэмах кругаварот рэчываў няпоўны і незамкнёны? **4.** Аднясіце пералічаныя ніжэй аб'екты да прыродных экасістэм або да аграэкасістэм: акіян, агарод, стэп, возера, парк, альпійскі луг, яблыневы сад, трапічны лес, пшанічнае поле. **5.** Растлумачце, чаму аграэкасістэмы няўстойлівыя і хутка разбураюцца без падтрымкі чалавека. Прапануйце шляхі павышэння іх устойлівасці.

Раздзел 4

Эвалюцыя арганічнага свету

У гэтым раздзеле вы зможаце даведацца аб асноўных перадумовах і рухаючых сілах, якія забяспечваюць гістарычнае развіццё жывой прыроды. Перακанаецеся, што асноўным вынікам эвалюцыі з'яўляюцца адаптацыі. Вывіце, што пры наяўнасці ізаляцыі паміж папуляцыямі ў межах віду адбываецца відаўтварэнне. Яго вынікам з'яўляецца сучасная відавая разнастайнасць. У канцы раздзела вы пазнаёміцеся з сучаснай біялагічнай сістэматыкай. Вы таксама даведаецеся аб існаванні няклетачнай формы жыцця — вірусаў.

§ 24. Асноўныя гіпотэзы паходжання жыцця

Пытанне аб паходжанні жыцця з'яўляецца адным з найбольш складаных пытанняў сучаснага прыродазнаўства. Аднак да яго ва ўсе часы была прыкавана вялікая цікавасць. Цяжкасць атрымання адказу на гэта пытанне заключаецца ў тым, што складана дакладна аднавіць працэсы і з'явы, якія адбываліся ў Сусвеце мільярды гадоў таму. У той жа час сучасная разнастайнасць формаў і праяўленняў жыцця на Зямлі прыкоўвае да гэтай праблемы самую пільную ўвагу. Сёння вылучаюць наступныя асноўныя гіпотэзы паходжання жыцця.

Крэацыянізм. Адпаведна гэтай гіпотэзе жыццё і ўсе віды жывых арганізмаў, якія насяляюць Зямлю, створаны Богам. Прычым боскае стварэнне свету адбылося адначасова, таму сам працэс стварэння жыцця не даступен для назіранняў у часе. Акрамя таго, крэацыянізм не дае дакладнага тлумачэння аб паходжанні самога Бога Творцы і таму носіць характар пастулата. Знакаміты шведскі прыродазнавец К. Ліней, а таксама выдатны рускі хімік М. В. Ламаносаў падтрымлівалі дадзеную догму ўзнікнення жыцця.

Гіпотэза самаадвольнага зараджэння. Гэта гіпотэза з'яўляецца разнавіднасцю абіягенезу — паходжання жыцця з нежывога рэчыва. Дадзеная гіпотэза з'явілася альтэрнатывай крэацыянізму, калі назапашаныя веды людзей аб жывой прыродзе паставілі пад сумненне стварэнне жыцця Богам. Філосафы Старажытнай Грэцыі і прыродазнаўцы сярэдневяковай Еўропы верылі ў з'яўленне жывых арганізмаў з нежывой матэрыі. Яны лічылі і спрабавалі даказаць, што жабы і насякомыя заводзяцца ў сырой глебе, мухі — у гнілым мясе і г. д. Погляды аб самаадвольным зараджэнні жыцця былі распаўсюджаны практычна да кан-

А. І. Апарын (1894—1980) — рускі біяхімік. Прапанаваў гіпотэзу ўзнікнення жыцця на Зямлі (1922)

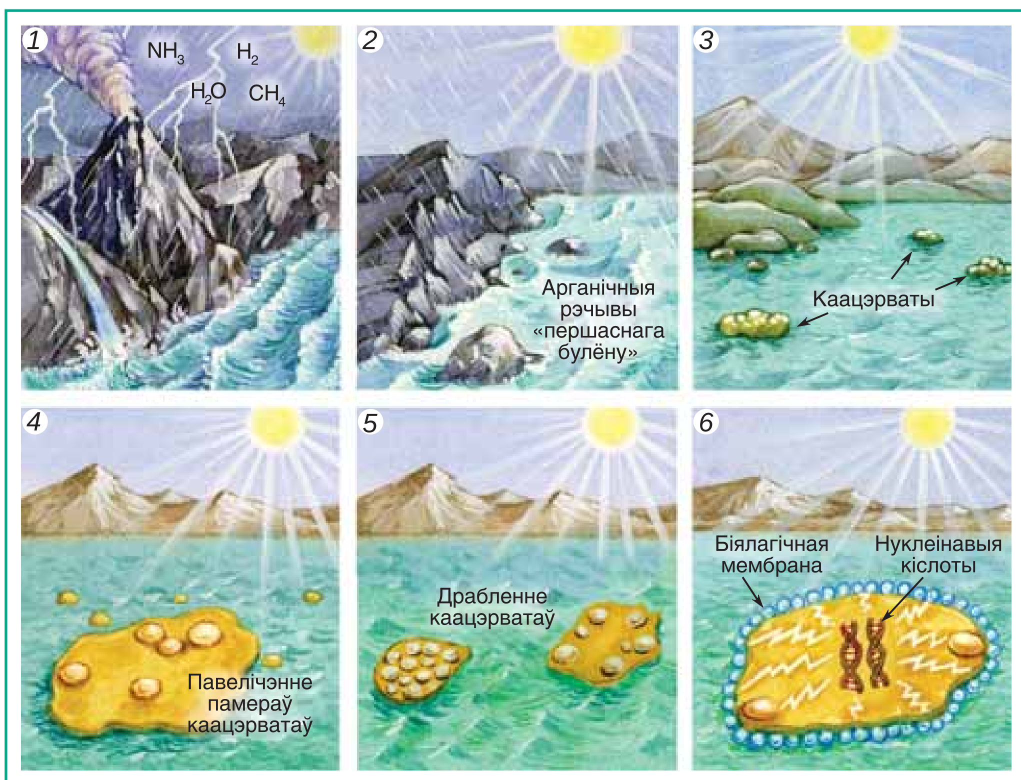
ца XVIII ст. Толькі ў сярэдзіне XIX ст. французскі вучоны Луі Пастэр даказаў, што бактэрыі ўсюдыісныя. Пры гэтым любыя нежывыя аб'екты «заражаюцца» імі, калі не праводзіць стэрылізацыю. Такім чынам, Пастэр пацвердзіў тэорыю ***біягенезу*** — жыццё можа ўзнікнуць толькі з папярэдняга жыцця. Вучоны канчаткова абверг канцэпцыю самаадвольнага зараджэння жыцця.

Гіпотэза панспермії. У 1865 г. нямецкі вучоны Г. Рыхтэр прапанаваў гіпотэзу ***панспермії***, у адпаведнасці з якой жыццё магло быць занесена на Зямлю з космасу разам з метэарытамі і касмічным пылам. Прыхільнікам гэтай гіпотэзы быў вялікі рускі вучоны, стваральнік сучаснага вучэння аб біясферы У. І. Вярнадскі. Сучасныя даследаванні пацвярджаюць высокую ўстойлівасць некаторых мікраарганізмаў і іх спор да радыяцыі і нізкіх тэмператур. У апошні час з'явіліся паведамленні аб тым, што ў метэарытах выяўлены сляды арганічнага рэчыва. Пры вывучэнні бліжэйшай да Зямлі планеты Марс былі знойдзены структуры, падобныя на бактэрыі, і сляды вады. Аднак названыя знаходкі не адказваюць на пытанне аб паходжанні жыцця.

Біяхімічная гіпотэза ўзнікнення жыцця з'яўляецца найбольш распаўсюджанай у цяперашні час. Гэту гіпотэзу прапанавалі ў 20-я гг. мінулага стагоддзя рускі біяхімік А. І. Апарын і англійскі біёлаг Д. Холдэйн. Яна лягла ў аснову навуковых уяўленняў аб паходжанні жыцця.

Сутнасць гэтай гіпотэзы заключаецца ў тым, што на ранніх этапах развіцця Зямлі існаваў працяглы перыяд абіягенезу. Жывыя арганізмы ў ім удзелу не прымалі (мал. 39, *1*). Для сінтэзу арганічных злучэнняў крыніцай энергіі служыла ўльтрафіялетавае выпраменьванне Сонца. Сонечная радыяцыя не затрымлівалася азонавым слоем, таму што ні азону, ні кіслароду ў атмасферы старажытнай Зямлі не было. Сінтэзаваныя амінакіслоты, цукры і іншыя арганічныя злучэнні на працягу дзясяткаў мі-

Д. Холдэйн (1892—1964) — англійскі біёлаг, які пацвердзіў генетычную аснову эвалюцыі і мутагенезу



Мал. 39. Схема зараджэння жыцця паводле біяхімічнай гіпотэзы Апарына — Холдэйна

льёнаў гадоў назапашваліся ў старажытным акіяне. Іх назапашанне ў выніку прывяло да ўтварэння аднароднай масы, якая была названа Апарыным «першасным булёнам». На думку Апарына, менавіта ў «першасным булёне» і ўзнікла жыццё (мал. 39, *2*).

Апарын лічыў, што вырашальная роля ў ператварэнні нежывога ў жывое належыць бялкам. Менавіта бялкі здольны ўтвараць калоідныя комплексы, якія прыцягваюць да сябе малекулы вады. Такія комплексы, зліваючыся адзін з адным, фарміравалі *каацэрваты* — структуры, адасобленыя ад астатняй масы вады (мал. 39, *3*).

Каацэрваты валодалі некаторымі ўласцівасцямі жывога. Яны маглі выбарачна паглынаць з навакольнага раствору рэчывы і павялічвацца ў памерах — нейкае падабенства харчавання і росту (мал. 39, *4*). Пры драбленні каацэрватаў утвараліся новыя кроплі, якія захоўвалі асноўныя ўласцівасці зыходнага ўтварэння — падабенства размнажэння (мал. 39, *5*). Але для ператварэння

ў першасныя жывыя арганізмы каацэрватам не хапала біялагічных мембран і генетычнай інфармацыі, якая забяспечвае ўзнаўленне.

Наступным крокам у зараджэнні жыцця стала з'яўленне мембран. Яны маглі ўтварацца з ліпідных плёнак, якія пакрываюць паверхню вадаёмаў. Далей да такіх ліпідных утварэнняў далучаліся раствораныя ў вадзе бялкі. У выніку паверхня каацэрватаў набыла структуру і ўласцівасці біялагічнай мембраны. Такая мембрана ўжо магла прапускаць унутр адны рэчывы і не прапускаць іншыя (мал. 39, *б*).

Далейшае аб'яднанне каацэрватаў з нуклеінавымі кіслотамі прывяло да ўтварэння першасных жывых арганізмаў, здольных да самарэгуляцыі і самаўзнаўлення,— *пратабіёнтаў*. Гэтыя прымітыўныя першасныя арганізмы былі анаэробамі і гетэратрофамі, якія жывіліся рэчывамі «першаснага булёну». Такім чынам, праз 1 млрд гадоў, згодна з гэтай гіпотэзай, завяршылася зараджэнне жыцця на Зямлі.

У цяперашні час вылучаюць наступныя асноўныя гіпотэзы паходжання жыцця: гіпотэзы крэацыянізму, самаадвольнага зараджэння, пансперміі і біяхімічную. Сярод сучасных поглядаў вучоных на паходжанне жыцця найважнейшае месца займае біяхімічная гіпотэза. Згодна з ёй, жыццё на Зямлі ўзнікла за працяглы адрэзак часу ў адсутнасці кіслароду пры наяўнасці хімічных рэчываў і пастаяннай крыніцы энергіі.

1. У чым заключаюцца прынцыповыя адрозненні гіпотэз паходжання жыцця? **2.** У чым заключаецца беспадстаўнасць гіпотэзы самаадвольнага зараджэння жыцця? **3.** Якія сучасныя навуковыя даныя можна прывесці ў падтрымку гіпотэзы пансперміі? **4.** Ахарактарызуйце сутнасць біяхімічнай гіпотэзы зараджэння жыцця. У якіх, на ваш погляд, умовах маглі ўзнікнуць жывыя арганізмы? Адказ абгрунтуйце. **5.** Чаму сінтэз першых арганічных злучэнняў вучонымі-хімікамі падарваў ідэі крэацыянізму? Адказ абгрунтуйце.

§ 25. Агульная характарыстыка тэорыі эвалюцыі Чарлза Дарвіна

Развіццё эвалюцыйных поглядаў. Тэрмін «*эвалюцыя*» (ад лац. *evolutio* — разгортванне) быў уведзены ў навуку ў сярэдзіне XVIII ст. швейцарскім заолагам Шарлем Банэ.

Біялагічная эвалюцыя — паступальны накіраваны гістарычны працэс змянення жывых арганізмаў і іх згуртаванняў. Ход эвалюцыі мае незваротны характар.

Пытанні паходжання і разнастайнасці арганічнага свету заўсёды хвалявалі чалавецтва. Як ужо адзначалася, у Сярэднія вякі панаваў крэацыянізм — уяўленне аб тым, што жывыя арганізмы створаны Богам і нязменны ў часе. Да канца XVIII ст. адкрыцці ў галіне хіміі, фізікі і біялогіі ўмацавалі ідэю аб адзінстве паходжання жывых арганізмаў і эвалюцыі арганічнага свету. Гэта стала асновай для стварэння адзінай эвалюцыйнай тэорыі, якую распрацаваў вялікі англійскі вучоны Чарлз Дарвін.

На мяжы XVIII—XIX стст. назапасілася нямала навуковых перадумоў стварэння эвалюцыйнай тэорыі. Была абгрунтавана ідэя аб змяняльнасці паверхні Зямлі пад уплывам кліматычных фактараў. Вучоныя-хімікі даказалі, што ўсе жывыя арганізмы складаюцца з такіх жа хімічных элементаў, якія ёсць у нежывой прыродзе. Біёлагі вызначылі, што закон захавання энергіі прымяняецца і ў адносінах да жывых арганізмаў. На стварэнне эвалюцыйнай тэорыі шмат у чым паўплывалі працы англійскіх эканамістаў А. Сміта і Т. Мальтуса. А. Сміт стварыў вучэнне аб свабоднай канкурэнцыі ў прамысловасці. Т. Мальтус упершыню ўвёў выраз «барацьба за існаванне». Ён растлумачыў, што чалавеку, як і ўсім іншым арганізмам, уласціва імкненне да бязмежнага размнажэння. Але толькі недахоп жыццёва неабходных рэсурсаў, вытворчасць якіх не паспявае за размнажэннем, абмяжоўвае рост колькасці чалавецтва.

У пачатку XIX ст. французскі натураліст Ж. Б. Ламарк упершыню прапанаваў паслядоўнае вучэнне аб развіцці жывой прыроды. Ламарк першым указаў на сувязь арганізмаў з асяроддзем іх пражывання. Менавіта асяроддзе пражывання, на яго думку, з'явілася прычынай змянення жывых арганізмаў. Вучоны вызначыў напрамак эвалюцыі як паступовы пераход жывых арганізмаў ад ніжэйшых формаў да вышэйшых. Але ў той жа час Ламарку не ўдалося раскрыць сапраўдныя прычыны, якія садзейнічаюць гэтаму эвалюцыйнаму пераходу.

Акрамя навуковых адкрыццяў, фарміраванню тэорыі эвалюцыі значна садзейнічалі сацыяльна-эканамічныя абставіны — да пачатку XIX ст. Англія ператварылася ў буйнейшую прамысловую і каланіяльную дзяржаву. Развіццё мараплавання, гандлю, асваенне калоній садзейнічалі назапашанню ведаў аб раслінным і жывёльным свеце розных краін. Павелічэнне маштабаў прамысловай вытворчасці і рост гарадскога насельніцтва павысілі попыт на сельскагаспадарчую сыравіну і прадукты харчавання. Гэта з'явілася стымулам да вывядзення больш ураджайных сартоў культурных раслін і высокапрадукцыйных парод свойскіх жывёл.

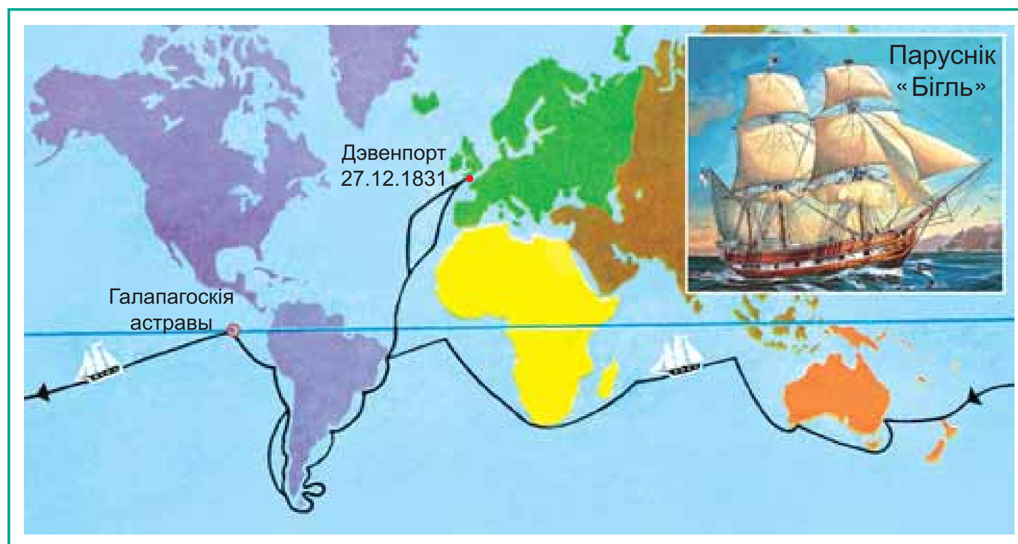
Ч. Дарвін (1809—1882) — англійскі прыродазнавец, стваральнік дарвінізму, выявіў асноўныя фактары эвалюцыі арганічнага свету, абгрунтаваў гіпотэзу паходжання чалавека ад малпападобных продкаў

Станаўленне эвалюцыйных поглядаў Чарлза Дарвіна. Дарвін нарадзіўся ў 1809 г. у сям'і англійскага ўрача. З самага дзяцінства ў Дарвіна развівалася любоў да прыроды і палявых даследаванняў. Вучоба ва ўніверсітэтах Эдынбурга і Кембрыджа дала яму глыбокія веды ў галіне заалогіі, батанікі і геалогіі. Дарвін добра вывучыў эвалюцыйныя погляды Ламарка і іншых больш ранніх эвалюцыяністаў, але не раздзяляў іх.

Дарвін, вывучаючы жывёльны і раслінны свет, вельмі цікавіўся знаходкамі выкапнёвых рэштак жывёл. Падабенства дадзеных знаходак з сучаснымі формамі прывяло яго да думкі аб магчымай роднасці гэтых арганізмаў. Гэта дазволіла Дарвіну выказаць меркаванне аб пераемнасці паміж сучаснымі і вымерлымі формамі жывых арганізмаў.

У 1831 г. Дарвін у якасці натураліста накіраваўся на паруснiку «Бігль» у кругасветнае плаванне (мал. 40). На працягу пяці гадоў малады вучоны вывучаў геалагічную будову мацерыкоў, флору і фаўну краін свету. Дарвін звярнуў увагу на асаблівасці геаграфічнага размеркавання жывёл па мацерыках. Напрыклад, у фаўне Паўднёвай Амерыкі ён выявіў формы, якіх не назіралася ў Паўночнай Амерыцы (ляніўцы, мурашкаеды, браняносцы). Дадзены факт ён растлумачыў ізаляцыяй фаўны, якая была выклікана наяўнасцю водных перашкод паміж двума мацерыкамі.

Падчас кругасветнай экспедыцыі Дарвін пабываў на Галапагоскіх астравах, якія размешчаны непадалёку ад заходняга ўзбярэжжа Паўднёвай Амерыкі. Там



Мал. 40. Маршрут падарожжа Ч. Дарвіна на парусніку «Бігль»

Мал. 41. Разнастайнасць відаў галапагоскіх уюркоў па форме дзюбы і тыпе корму

вучоны выявіў віды пеўчых вераб'іных птушак — уюркоў, якія адрозніваліся паміж сабой па форме дзюбы і тыпе корму (мал. 41). У той жа час астраўныя ўюркі былі вельмі падобныя на мацерыковы від, што, безумоўна, паказвала на іх блізкую роднасць.

Дзюбы ўюркоў адных відаў ідэальна падыходзілі для збору насення, а ў другіх былі прыстасаваны толькі для здабывання насякомых. Пры гэтым усе ўюркі на астравах былі ў цэлым дастаткова падобныя. Дарвін выказаў меркаванне, што калісьці на астравы прыляцелі птушкі аднаго віду ўюркоў, а рассяліўшыся, яны прыстасаваліся да мясцовых умоў. Перавагу ў выжыванні атрымалі віды, чые дзюбы больш падыходзілі для здабывання даступнага на астравах корму. Адным уюркам дасталася роля паляўнічых на дробных насякомых, другія атрымалі шмат пладоў і насення. У выніку паступова ўтварылася некалькі розных відаў гэтых птушак, якія спецыялізуюцца на якім-небудзь тыпе корму.

У выніку пасля заканчэння экспедыцыі на аснове багатага фактычнага матэрыялу Дарвінам былі зроблены важныя вывады. *Па-першае*, ён пацвердзіў, што віды здольны змяняцца і даваць пачатак новым відам. *Па-другое*, на аснове самастойнага вывучэння выкапнёвых рэшткаў і вядомых раней даных палеанталагічных даследаванняў вучоны даказаў падабенства ў будове вымерлых і сучасных жывёл.

Асноўныя палажэнні тэорыі эвалюцыі Чарлза Дарвіна. Пасля вяртання ў Англію Дарвін прыступіў да карпатлівай працы па стварэнні эвалюцыйнай тэорыі. Вывучаючы працы Сміта і Мальтуса, ён паспрабаваў знайсці аналагічныя з'явы ў прыродзе. Як вядома, здольнасць да неабмежаванага размнажэння з'яўляецца адной з асноўных уласцівасцей жывога. Напрыклад, многія селядцовыя рыбы штогод адкладваюць да 100 тыс. ікрынак, а траска — да 6 млн. Але выжывае толькі малая частка патомства. Такую неадпаведнасць паміж колькасцю народжаных і тых, што дасягнулі палавой спеласці арганізмаў, Дарвін паклаў у аснову вучэння аб ***барацьбе за існаванне***. Ён таксама звярнуў увагу на наяўнасць у арганізмаў ***зменлівасці*** — індывідуальных адрозненняў у прыкметах паміж асобінамі аднаго віду. Вынікі сваіх даследаванняў Дарвін упершыню апублікаваў у 1859 г. у кнізе «Паходжанне відаў шляхам натуральнага адбору».

Асноўныя палажэнні тэорыі эвалюцыі Чарлза Дарвіна

1. Віды жывых арганізмаў маюць адзінае паходжанне і паступова пераўтвараюцца і ўдасканальваюцца ў адпаведнасці з умовамі навакольнага асяроддзя.

2. Пераўтварэнне відаў адбываецца на аснове спадчыннасці і зменлівасці жывых арганізмаў і натуральнага адбору, які пастаянна працякае ў прыродзе.

3. Натуральны адбор у прыродзе адбываецца на аснове ўзаемаадносін арганізмаў аднаго з другім і з неспрыяльнымі ўмовамі навакольнага асяроддзя. Дадзеныя ўзаемаадносіны ўяўляюць сабой барацьбу за існаванне.

4. Вынікам натуральнага адбору з'яўляецца ўзнікненне прыстасаванасці і на гэтай аснове разнастайнасці відаў жывых арганізмаў у прыродзе.

Прааналізаваўшы асноўныя палажэнні эвалюцыйнай тэорыі, можна зрабіць заключэнне, што з пункту гледжання Дарвіна найменшай адзінкай эвалюцыі — *элементарнай адзінкай эвалюцыі* з'яўляецца від. *Перадумовамі эвалюцыі*, якія ствараюць матэрыял для адбору ў выглядзе спадчынна замацаваных адрозненняў асобін, служаць спадчыннасць і зменлівасць арганізмаў. *Рухаючымі сіламі эвалюцыі*, якія прыводзяць да ўтварэння новых відаў, з'яўляюцца барацьба за існаванне і натуральны адбор.

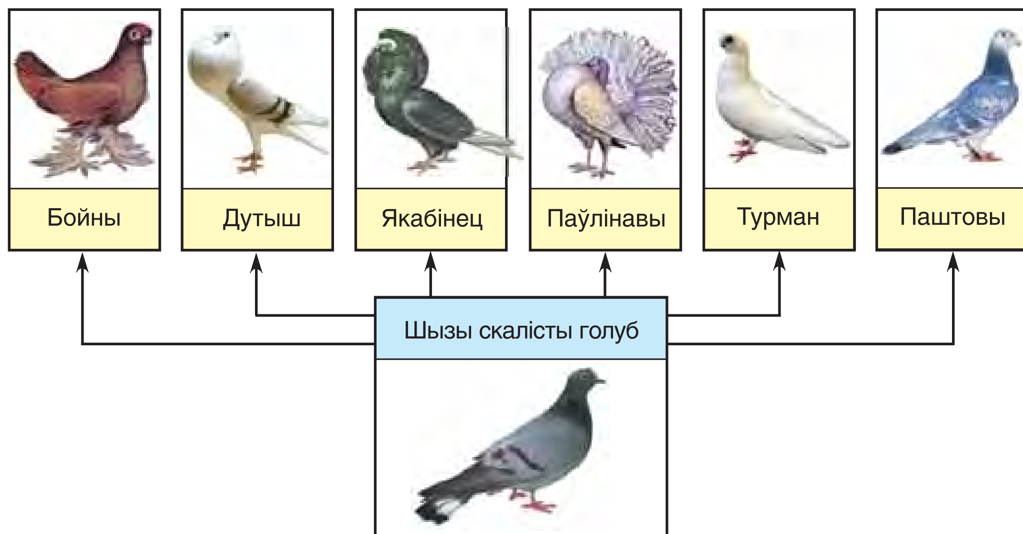
У кнізе «Паходжанне відаў шляхам натуральнага адбору» Ч. Дарвін даказаў, што перадумовамі эвалюцыі з'яўляюцца спадчыннасць і зменлівасць арганізмаў. Натуральны адбор і барацьба за існаванне — галоўныя рухаючыя сілы эвалюцыі. Вынікам натуральнага адбору з'яўляецца ўзнікненне прыстасаванасці і на яе аснове разнастайнасці відаў жывых арганізмаў у прыродзе.

1. Ахарактарызуйце грамадска-эканамічныя і навуковыя передумовы ўзнікнення тэорыі эвалюцыі Ч. Дарвіна. **2.** У чым заключаюцца асноўныя палажэнні тэорыі эвалюцыі Ч. Дарвіна? **3.** Што, згодна з эвалюцыйнай тэорыяй Дарвіна, з'яўляецца перадумовамі, а што — рухаючымі сіламі эвалюцыі? Адказ абгрунтуйце. **4.** Разгледзьце розныя віды галапагоскіх уюркоў, апісаных Дарвінам. Продкавы від усіх паказаных на малюнку 41 уюркоў харчаваўся пладамі. Зыходзячы са зменлівасці ў будове дзюбы дадзеных птушак, вызначце і пакажыце на схеме магчымыя для іх тып корму.

§ 26. Тэорыя штучнага адбору

Формы зменлівасці. Падчас стварэння эвалюцыйнай тэорыі Дарвін абапіраўся на селекцыйны матэрыял свайго часу. У той час была вядома вялікая колькасць сартоў культурных раслін і парод свойскіх жывёл. Іх продкамі з'яўляўся адзін або некалькі дзікіх відаў. Напрыклад, усе вядомыя пароды свойскіх сабак паходзяць ад воўка або шакала. Вядомыя пароды авечак — гэта нашчадкі архара або муфлона, а дзіўная разнастайнасць галубоў паходзіць ад шызага скалістага голуба (мал. 42). Сучасныя сарты капусты паходзяць ад некалькіх формаў дзікай капусты, якая сустракаецца ў Еўропе і сёння.

Ва ўмовах дамінавання ўяўленняў аб пастаянстве і нязменнасці відаў Ч. Дарвіну важна было паказаць, за кошт чаго ўтвараецца іх разнастайнасць. Таму ён падрабязна абгрунтаваў палажэнне аб зменлівасці жывых арганізмаў.



Мал. 42. Сучасныя пароды галубоў і іх агульны продак

Дарвін вылучыў тры формы зменлівасці: вызначаную (групавую), нявызначаную (індывідуальную) і суадносную (карэлятыўную).

Вызначаная (групавая) зменлівасць — з'яўленне аднолькавых прыкмет ва ўсіх асобін і іх патомства пад уздзеяннем зфененага фактару асяроддзя.

Мал. 43. Нявызначаная зменлівасць на прыкладзе ўзамбарскай фіялкі

Вызначаная зменлівасць носіць масавы характар. Пры недахопе корму жывёлы губляюць масу, у халодным клімаце поўсць у млекакормячых больш густая. Лісты раслін, якія знаходзяцца ва ўмовах рознай асветленасці, адрозніваюцца па форме і г. д. Вызначаная зменлівасць павышае прыстасаванасць арганізма да канкрэтных умоў асяроддзя пражывання, аднак не перадаецца па спадчыне. Значыць, пры змяненні ўмоў асяроддзя пражывання ў нашчадкаў не захоўваюцца прыкметы, набытыя іх бацькамі.

Нявызначаная (індывідуальная) зменлівасць — з'яўленне ў асобна ўзятай асобіны ў межах аднаго сорту, пароды, віду новай прыкметы, якая не сустракалася ў бацькоў. Так, у межах адной пароды трусоў можа назірацца розная афарбоўка поўсці. У межах аднаго сорту ўзамбарскіх фіялак — розная афарбоўка кветак (мал. 43). Дарвін адзначаў, што нават у падобных умовах асяроддзя нашчадкі ад пары бацькоў адрозніваюцца паміж сабой. Дадзеная форма зменлівасці з'яўляецца вынікам спецыфічнага ўплыву ўмоў існавання на кожны асобны арганізм. Сапраўдныя прычыны нявызначанай зменлівасці Дарвіну былі невядомы. Аднак яе спадчынны характар і, як вынік, значную разнастайнасць асобін вучоны лічыў вядучым матэрыялам для эвалюцыйнага працэсу. Паступова Дарвін прыйшоў да вываду, што для эвалюцыі важныя толькі *спадчынныя індывідуальныя змяненні арганізмаў*, паколькі толькі яны могуць назапашвацца і перадавацца з пакалення ў пакаленне.

Суадносная (карэлятыўная) зменлівасць — змяненне якога-небудзь аднаго органа або часткі цела ўслед за змяненнем іншых частак арганізма.

Напрыклад, пры пастаянным практыкаванні ніжніх канечнасцей у парод свойскіх качак на сцегнавой косці развіваецца грэбень для прымацавання мышцаў. У балотных птушак падаўжэнне шыі суправаджаецца адначасовым падаўжэннем

Шэрая чапля

Кнігаўка

Мал. 44. Суадносная (карэлятыўная) зменлівасць: даўжыня ног прапарцыянальна даўжыні шыі

канечнасцей (мал. 44). Такая форма зменлівасці вельмі важная ў селекцыйнай практыцы. У дадзеным выпадку селекцыянер можа прадбачыць адхіленні ад зыходнай формы і праводзіць адбор прыкмет у жаданым напрамку.

Акрамя зменлівасці, важным фактарам эвалюцыі Дарвін лічыў спадчыннасць.

Спадчыннасць — уласцівасць арганізмаў перадаваць нашчадкам свае прыкметы і ўласцівасці.

Пазней Г. Мендэль у сваіх законах (аб аднастайнасці гібрыдаў першага пакалення і расшчапленні прыкмет у другім пакаленні) растлумачыў механізмы наследавання прыкмет. Такім чынам, паводле Дарвіна, спадчыннасць і зменлівасць — агульныя ўласцівасці ўсіх жывых арганізмаў. Менавіта яны з'яўляюцца галоўнымі перадумовамі эвалюцыйнага працэсу.

Штучны адбор. Вывучыўшы прычыну разнастайнасці парод жывёл і сартоў раслін, Дарвін пачаў высвятляць механізмы іх узнікнення. Вучоны адзначыў, што ў старажытнасці людзі імкнуліся захаваць найбольш каштоўныя экзэмпляры жывёл і раслін і атрымаць ад іх патомства. У шэрагу пакаленняў такія каштоўныя прыкметы назапашваліся і замацоўваліся. Гэта забяспечвала лепшае ўзнаўленне статка жывёл і павышаны ўраджай раслін. Такую сілу, якая паступова прыводзіць да ўзнікнення новых парод жывёл і сартоў раслін, Дарвін назваў штучным адборам.

Штучны адбор — працэс выбару чалавекам найбольш каштоўных у гаспадарчых адносінах жывёл і раслін і выкарыстанне іх для далейшага развядзення.

Дарвін вылучаў дзве формы штучнага адбору — неўсвядомлены і метадычны. Пры *неўсвядомленым адборы* чалавек не ставіць перад сабой мэту ства-

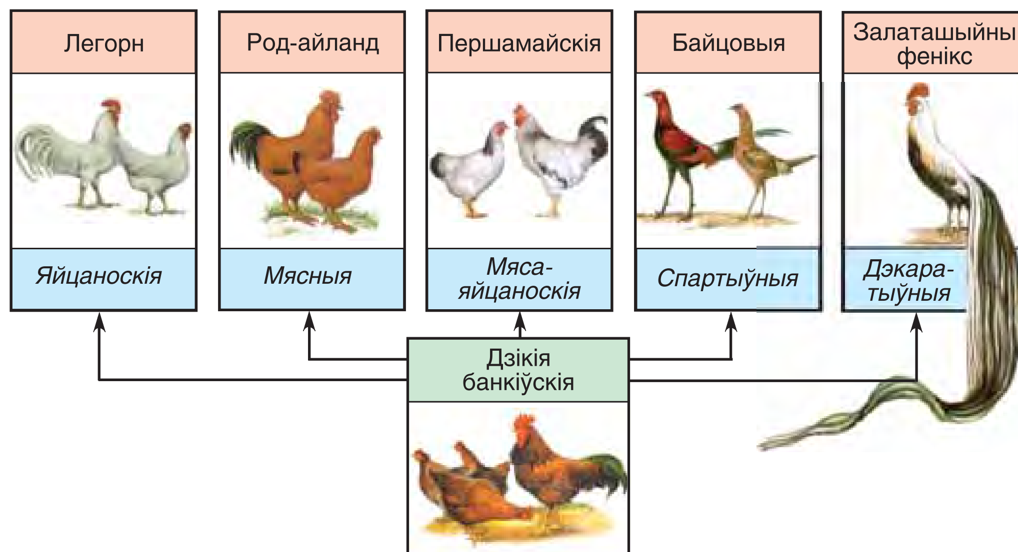
рыць новую пароду або сорт. Ён шляхам размнажэння адных асобін і выдалення другіх павольна змяняе карысныя для сябе прыкметы арганізмаў. Гэта найбольш старажытная форма штучнага адбору.

Напрыклад, чалавек адбіраў для наступнай сяўбы расліны пшаніцы з найбольш буйным, здаровым насеннем, якое доўга захоўваецца. Кароў адбіралі па велічыні надою і мясістасці, а выбар авечак праводзіўся па гушчыні воўны.

Дзякуючы такому дыферэнцыраванаму падыходу з пакалення ў пакаленне ўзмацняліся пэўныя прыкметы размнажаемых асобін. У выніку несвядомая форма штучнага адбору павольна, але дакладна прыводзіла да ўтварэння новых парод і сартоў.

Метадычны адбор — мэтанакіраванае вывядзенне чалавекам парод жывёл або сартоў раслін. У дадзеным выпадку селекцыянер звяртае ўвагу на прыкметы, якія максімальна пажаданыя для яго ў канкрэтных умовах. Далей ён ужо канструюе пароду або сорт. На аснове спадчыннай зменлівасці арганізмаў чалавек мэтанакіравана падбірае пары для скрыжавання. Ён таксама забяспечвае максімальнае развіццё і замацаванне жаданых прыкмет з пакалення ў пакаленне.

Напрыклад, пароды кароў выводзяць па мясістасці або па надоях малака. Пароды курэй — па яйцаноскасці, колькасці мяса і нават па байцовых якасцях (мал. 45), сабак — па здольнасці да розных відаў палявання, службовага выкарыстання, дэкаратыўнасці і інш.



Мал. 45. Метадычны штучны адбор на прыкладзе парод курэй

Тэорыя штучнага адбору паказала, што гэта асноўны механізм, які абумовіў узнікненне разнастайнасці культурных раслін і свойскіх жывёл. У той жа час Дарвін падкрэсліў асаблівую важнасць неўсвядомленага адбору. Безумоўна, яго працяканне шмат у чым падобнае на тыя з'явы, якія адбываюцца ў прыродзе. Таму менавіта неўсвядомлены адбор з'яўляецца сувязным звяном паміж штучным і натуральным адборам.

Створаная Дарвінам тэорыя штучнага адбору сёння не толькі не страціла значнасці, але і пашырыла сферу прымянення. У часы Дарвіна зыходны матэрыял для вывядзення новых парод жывёл і сартоў раслін адбіраўся з прыроды. Сёння дзякуючы метадам біятэхналогіі і генетычнай інжынерыі атрымліваюць зыходны матэрыял для далейшага адбору з зададзенымі прыкметамі. Дзякуючы поспехам генетычнай інжынерыі атрыманы новыя генетычна мадыфікаваныя сарты збожжавых, таматаў, бульбы і іншых сельскагаспадарчых культур, больш ураджайныя і ўстойлівыя да захворванняў.

На сённяшні дзень наладжана вытворчасць чалавечага інсуліну шляхам выкарыстання геннамадыфікаваных бактэрый, выведзены новыя пароды мышэй для навуковых даследаванняў і г. д.

Генетычна мадыфікаваны арганізм (ГМА) — гэта жывы арганізм, генатып якога мэтанакіравана зменены чалавекам у навуковых або гаспадарчых мэтах пры дапамозе метадаў генетычнай інжынерыі. Напрыклад, беларускія і расійскія вучоныя ўвялі ў геном коз чалавечы ген, які адказвае за сінтэз бялку лактаферыну. Дадзены бялок цяпер будзе змяшчацца ў малацэ коз у большай колькасці. Валодаючы, па меркаванні вучоных, унікальным антыбактэрыяльным дзеяннем, лактаферын будзе незаменным у фарміраванні імунітэту ў дзяцей на штучным выкормліванні.

У цяперашні час дасягненні беларускіх селекцыянераў дазволілі забяспечыць сельскую гаспадарку ўласнымі пародамі жывёл і сартамі раслін. Пароды чорнастракатых і буйных белых свіней адпавядаюць усім паказчыкам сусветных стандартаў. Дадзены факт знаходзіць пацвярджэнне на міжнародных жывёлаводчых выстаўках. Выведзеныя ў Беларусі ўласныя сарты большасці культурных раслін цалкам адпавядаюць прыродна-кліматычным умовам рэспублікі.

У зменлівых прыродна-кліматычных умовах нашай краіны вельмі важнай з'яўляецца ўстойлівасць культурных раслін да вясенніх замаразкаў. Яшчэ адным негатыўным кліматычным фактам можа быць нізкая тэмпература паветра ў перыяд цвіцення раслін. У гэтай сувязі айчыннымі селекцыянерамі былі выведзены ўстойлівыя да вясенняга падмярзання сарты яблынь: Вербнае, Заслаўскае, Беларускае салодкае і інш.

Такім чынам, сучасныя поспехі селекцыі, заснаваныя на выкарыстанні дасягненняў генетыкі, розных метадаў скрыжавання і мутагенезу пацвярджа-

юць творчую ролю штучнага адбору, адзначаную Дарвінам у яго эвалюцыйнай тэорыі.

Дарвін вылучаў тры формы зменлівасці: вызначаную (групавую), нявызначаную (індывідуальную) і суадносную (карэлятыўную). Штучны адбор з'яўляецца галоўным механізмам, які абумовіў узнікненне і разнастайнасць сартоў культурных раслін і парод свойскіх жывёл. Дарвін апісаў дзве формы штучнага адбору: неўсвядомлены і метадычны.

1. Ахарактарызуйце формы зменлівасці, вылучаныя Ч. Дарвінам. **2.** Якой форме зменлівасці і чаму Ч. Дарвін надаваў вядучае значэнне ў эвалюцыйным працэсе? **3.** Апішыце формы штучнага адбору. У чым праяўляецца падабенства і адрозненне паміж імі? **4.** Растлумачце, як вы разумееце творчую ролю штучнага адбору. Пацвердзіце свае меркаванні прыкладамі штучнага адбору ў цяперашні час. **5.** У апошнія гады створаны ўстойлівыя да насякомых-шкоднікаў расліны кукурузы, пшаніцы, рысу. Спрагназуйце, як гэта адаб'ецца на ўраджаі дадзеных культур. Якую праблему дапамогуць вырашыць такія расліны з улікам росту насельніцтва планеты? Адказ абгрунтуйце.

§ 27. Рухаючыя сілы і асноўныя вынікі эвалюцыі паводле Чарлза Дарвіна

Рухаючыя сілы эвалюцыі. Дарвін лічыў штучны адбор галоўным механізмам, які абумовіў з'яўленне і разнастайнасць культурных раслін і свойскіх жывёл. У выніку вывучэння штучнага адбору вучоны прыйшоў да думкі аб наяўнасці падобнай з'явы ў прыродзе. Якія рухаючыя сілы эвалюцыі відаў? Адказ на гэта пытанне Дарвін бачыў у дзвюх састаўляючых.

Па-першае, адзначыў наяўнасць нявызначанай (індывідуальнай) зменлівасці арганізмаў у прыродных умовах іх пражывання.

Наяўнасць індывідуальнай зменлівасці ў прыродзе Дарвін вызначыў па шэрагу фактаў. Напрыклад, пчолы адрозніваюць пчол са свайго і з суседніх вуллёў. Расліны, якія выраслі з жалудоў аднаго дуба, адрозніваюцца мноствам дробных знешніх асаблівасцей і г. д.

Па-другое, Дарвін прыйшоў да вываду, што прыстасаванасць дзікарослых відаў, як і культурных формаў, — вынік адбору. Але гэты адбор праводзіцца не чалавекам, а навакольным асяроддзем. Індывідуальная зменлівасць у прыродзе з'яўляецца матэрыялам для адбору. Таксама як пароды жывёл і сарты раслін мэтанакіравана прыстасаваны да патрэб чалавека, віды прыстасоўваюцца да жыцця ў пэўных умовах асяроддзя.

Як ужо ўпаміналася, арганізмам уласціва імкненне да размнажэння ў геаметрычнай прагрэсіі. Аднак далёка не ўсе народжаныя асобіны дажываюць да палаваспелага ўзросту. Прычыны гэтага розныя. Можа назірацца гібель арганізмаў ад недахопу кармавых рэсурсаў, неспрыяльных фактараў асяроддзя, хвароб, ворагаў і г. д. Зыходзячы з гэтага, Дарвін прыйшоў да вываду, што паміж арганізмамі ў прыродзе пастаянна ідзе барацьба за існаванне.

Барацьба за існаванне — сукупнасць разнастайных і складаных узаемадзеянняў арганізмаў паміж сабой і з навакольнымі ўмовамі знешняга асяроддзя.

Дарвін вылучыў тры формы барацьбы за існаванне: унутрывідавую, міжвідавую і барацьбу з неспрыяльнымі ўмовамі асяроддзя.

Унутрывідавая барацьба — узаемаадносіны паміж асобінамі аднаго і таго ж віду. Дарвін лічыў унутрывідавую барацьбу найбольш напружанай. Безумоўна, арганізмы, якія належаць да аднаго віду, прад'яўляюць падобныя патрабаванні да корму, умоў размнажэння, сховішчаў і інш. Максімальна вострая такая барацьба працякае пры значным павелічэнні колькасці асобін віду і пагаршэнні ўмоў існавання. Гэта прыводзіць да гібелі часткі асобін або да ўстаранення іх ад размнажэння. Напрыклад, унутрывідавая барацьба праяўляецца ў выглядзе канкурэнцыі за ўчасткі гнездавання ў птушак або за палавога партнёра ў жывёл аднаго віду (мал. 46). Прараслае насенне раслін, напрыклад бяроз, часта гіне таму, што глеба ўжо густа зарасла сеянцамі гэтага ж віду. Маладыя парасткі зведваюць пры гэтым недахоп асветленасці, жыўлення і інш. У жука мучнога хрушчыка перавышэнне дапушчальнай колькасці асобін на адзінцы харчовага субстрату прыводзіць да парушэння палавых цыклаў і канібалізму.

Шлюбны турнір у аленяў

Канкурэнцыя ў бяроз у лесе

Мал. 46. Унутрывідавая барацьба

Львы нападаюць на буйвала

Воўк атакуе аленя

Мал. 47. Міжвідавая барацьба

Міжвідавая барацьба — узаемаадносіны паміж асобінамі розных відаў. Тыповымі прыкладамі міжвідавой барацьбы з'яўляюцца вядомыя вам тыпы міжвідавых узаемаадносін: «драпежнік — ахвяра» (мал. 47), «паразіт — гаспадар» і інш. Вынікам міжвідавой барацьбы з'яўляецца тое, што з прычыны лепшай прыстасаванасці адзін з відаў можа выцясняць другі. Напрыклад, амерыканская норка, завезеная ў Беларусь, пастутова выцясняе еўрапейскую норку. Гэта адбываецца за кошт больш буйных памераў і выражанай агрэсіўнасці амерыканскай норкі. Пустазелле на палях выцясняе культурныя расліны, канкурыруючы з імі за вільгаць, святло і мінеральнае жыўленне.

Барацьба з неспрыяльнымі ўмовамі асяроддзя — выжыванне найбольш прыстасаваных асобін, папуляцый і відаў у змененых умовах нежывой прыроды. Гэта форма барацьбы больш востра праяўляецца, калі які-небудзь з абіятычных экалагічных фактараў знаходзіцца ў дэфіцыце або лішку. Такія сітуацыі складваюцца пры моцных засухах, паводках, замаразках, пажарах, вывяржэнні вулканаў і інш. Напрыклад, у пустынях барацьба за існаванне ў раслін накіравана на эканомнае расходаванне вільгаці. У выніку ў некаторых раслін сфарміраваліся прыстасаванні ў выглядзе мясістых лістоў або сцёблаў для назапашвання вады. У іншых сустракаюцца лісты-калючкі для памяншэння выпарэння, карані, якія глыбока пранікаюць у глебу для выкарыстання грунтавых вод і г. д. Другі прыклад барацьбы з неспрыяльнымі ўмовамі асяроддзя — міграцыя пералётных птушак у вырай пры наступленні халадоў.

Натуральным вынікам усіх форм барацьбы з'яўляецца зніжэнне з пакалення ў пакаленне колькасці найменш прыстасаваных асобін. Гэта звязана як з іх непасрэднай гібеллю, так і з меншай колькасцю народжаных на

свет нашчадкаў. З другога боку, больш прыстасаваныя асобіны павялічваюць сваю колькасць. Пры гэтым яны ў кожным наступным пакаленні адбіраюць у менш прыстасаваных усё больш і больш неабходных для жыцця рэсурсаў. Гэта паступова прыводзіць да поўнага выцяснення апошніх з біятопа. Дадзены працэс, які пастаянна адбываецца ў прыродзе, Дарвін і назваў натуральным адборам.

Паводле Дарвіна, ***натуральны адбор — працэс выжывання і размнажэння найбольш прыстасаваных да ўмоў пражывання асобін і гібель менш прыстасаваных***.

Натуральны адбор працякае пад уздзеяннем фактараў навакольнага асяроддзя (тэмпературы, вільгаці, святла, паразітаў, канкурэнтаў, драпежнікаў і інш.). Натуральны адбор дазваляе захоўваць і назапашваць дробныя спадчынныя змяненні, карысныя ў дадзеных умовах існавання. Напрыклад, нават нязначнае падаўжэнне хабатка ў чмялёў дазваляе ім здабываць пылок з кветак з падоўжаным венчыкам. У гэтым выпадку доўгахабатковыя чмялі маюць неаспрэчную перавагу.

Адбор адбываецца бесперапынна ў шэрагу пакаленняў і захоўвае пераважна тыя формы, якія ў большай ступені прыстасаваны да дадзеных умоў асяроддзя. Натуральны адбор і барацьба за існаванне непарыўна звязаны паміж сабой і з'яўляюцца рухаючымі сіламі эвалюцыі відаў. Дадзеныя рухаючыя сілы садзейнічаюць удасканаленню арганізмаў, вынікам якога з'яўляецца іх прыстасаванасць да асяроддзя пражывання і разнастайнасць відаў у прыродзе.

Асноўныя вынікі эвалюцыі. Паводле Дарвіна, вынікамі эвалюцыі з'яўляюцца прыстасаванасць арганізмаў да асяроддзя пражывання і разнастайнасць відаў у прыродзе. ***Прыстасаванасць*** — сукупнасць адаптацый (асаблівасцей знешняй і ўнутранай будовы і паводзін арганізмаў), якія забяспечваюць дадзенаму віду перавагу ў выжыванні і пакіданні патомства пры пэўных умовах асяроддзя.

Разнастайнасць відаў — другі важны вынік эвалюцыі. Па-першае, нявызначаная зменлівасць і натуральны адбор, які працякае на яе аснове, прыводзяць да разнастайнасці ўзаемаадносін паміж арганізмамі. Па-другое, наша планета характарызуецца мноствам розных па сіле дзеяння экалагічных фактараў біятопаў. На аснове пералічанага вышэй і фарміруецца разнастайнасць відаў у прыродзе. Перавагу ў гэтым выпадку атрымліваюць найбольш высокаарганізаваныя і прыстасаваныя да ўмоў асяроддзя формы. Дарвін падкрэсліваў, што адначасовае існаванне відаў жывых арганізмаў з розным узроўнем арганізацыі тлумачыцца тым, што іх эвалюцыя ішла адначасова ў некалькіх напрамках.

Барацьба за існаванне — сукупнасць разнастайных і складаных узаемаадносін арганізмаў паміж сабой і з навакольнымі ўмовамі знешняга асяроддзя. Вынікам барацьбы за існаванне з'яўляецца натуральны адбор. У выніку дзеяння натуральнага адбору дасягаюцца асноўныя рэзультаты эвалюцыі: прыстасаванасць арганізмаў і разнастайнасць відаў у прыродзе.

1. Чаму Дарвін пры выяўленні рухаючых сіл эвалюцыі надаваў вялікае значэнне нявызначанай (індывідуальнай) зменлівасці арганізмаў? **2.** Што такое барацьба за існаванне адпаведна Ч. Дарвіну? Якія формы барацьбы за існаванне ён вылучыў? **3.** Апішыце прыстасаванні кактуса да неспрыяльных умоў асяроддзя. У чым заключаецца галоўная прычына дадзеных прыстасаванняў? **4.** Ахарактарызуйце натуральны адбор як рухаючую сілу эвалюцыі. Чым адрозніваецца натуральны адбор ад штучнага адбору? **5.** Норма сяўбы яравой пшаніцы складае ў сярэднім 5 млн насення на гектар. Прааналізуйце, што будзе адбывацца пры павелічэнні высяваемага насення да 50 млн на гектар і скарачэнні да 0,5 млн на гектар.

§ 28. Агульная характарыстыка сінтэтычнай тэорыі эвалюцыі

Прааналізаваўшы гісторыю развіцця эвалюцыйнай тэорыі пасля выхаду ў свет у 1859 г. кнігі Дарвіна «Паходжанне відаў шляхам натуральнага адбору», можна вылучыць чатыры асноўныя яе этапы.

I. Фарміраванне класічнага дарвінізму (1859—1900 гг.). У другой палове XIX ст. назіраецца шырокае распаўсюджванне эвалюцыйных ідэй Дарвіна ў прыродазнаўстве. Адбываецца фарміраванне новых навуковых напрамкаў: эвалюцыйнай палеанталогіі, эвалюцыйнай параўнальнай эмбрыялогіі, гістарычнай біягеаграфіі, экалогіі і інш.

Асноўныя палажэнні тэорыі Дарвіна паслужылі навуковай асновай для развіцця *гістарычнай біягеаграфіі*. За кароткі перыяд дзякуючы даследаванням у галіне біягеаграфіі ўдалося высветліць размеркаванне відаў раслін і жывёл не толькі ў прасторы, але і ў часе з улікам гістарычных сувязей паміж імі. Вялікі ўклад у развіццё гэтага напрамку ўнеслі А. М. Северцаў, А. М. Бекетаў, А. Уолес і інш. Пасля з'яўлення вы-

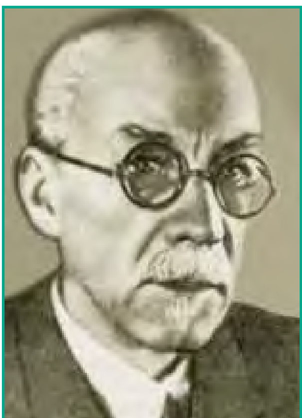
А. М. Северцаў (1866—1936) — рускі біёлаг, заснавальнік эвалюцыйнай марфалогіі жывёл

С. С. Чацверыкоў (1880—1959) — рускі генетык, адзін з заснавальнікаў эвалюцыйнай і папуляцыйнай генетыкі

чэння аб барацьбе за існаванне з’явілася экалогія, якая стала развівацца як самастойная навука аб узаемадзеянні арганізмаў з асяроддзем.

II. Крызіс класічнага дарвінізму (1900—1920 гг.). У пачатку XX ст. былі пераадкрыты законы Г. Мендэля, пачала развівацца генетыка. Яе дасягненні выкарыстоўваліся для крытыкі дарвінізму з-за няправільнай іх трактоўкі. Памылкай генетыкаў было ўяўленне аб абсалютным пастаянстве генаў і мутацыях як выніку страты асобных генаў. Меркавалася, што эвалюцыя можа ажыццяўляцца на аснове гібрыдызацыі. Творчая роля натуральнага адбору адмаўлялася. Гэты перыяд можна ўмоўна назваць перыядам *генетычнага антыдарвінізму*.

III. Перыяд сінтэзу генетыкі і класічнага дарвінізму. Развіццё папуляцыйнага падыходу (1920—1930 гг.). Важную ролю ў сінтэзе генетыкі і дарвінізму адыграла храмасомная тэорыя спадчыннасці Т. Х. Моргана і фарміраванне ўяўленняў аб мутацыях. Вялікі ўклад у вывучэнне зменлівасці прыродных папуляцый раслін і жывёл унеслі вучоныя М. І. Вавілаў, С. С. Чацверыкоў, Ф. Р. Дабржанскі і інш. Яны сабралі вялікі матэрыял аб лакальных папуляцыях розных відаў і правялі аналіз іх генетычнай зменлівасці. Чацверыкоў упершыню ацаніў і паказаў, наколькі вялікая скрытая генетычная зменлівасць (рэцэсіўныя мутацыі) прыродных папуляцый. Яна дае генетычную аснову для натуральнага адбору. Р. А. Фішэр, М. П. Дубінін, С. Райт і іншыя вызначылі, што змяненне частаты сустракаемасці генаў у выніку вагання колькасці папуляцый мае вялікае значэнне для эвалюцыі. Генетыка дапамагла высветліць ролю асобных фактараў эвалюцыі і сфарміраваць уяўленне аб элементарнай адзінцы эвалюцыі (папуляцыі), а таксама аб элементарным эвалюцыйным матэрыяле. Усё гэта прывяло да стварэння вучэння аб мікраэвалюцыі як эвалюцыйным працэсе ўтварэння новых відаў (Ф. Р. Дабржанскі, М. У. Цімафееў-Рэсоўскі).



І. І. Шмальгаўзен (1884—1963) — рускі біёлаг, тэарэтык эвалюцыйнага вучэння

IV. Фарміраванне сінтэтычнай тэорыі эвалюцыі (неадарвінізму). Развіццё экасістэмнага падыходу (1930—1950 гг.). На дадзеным гістарычным этапе дзякуючы працам У. І. Вярнадскага, А. Тэнслі, У. М. Сукачова і інш. развіваецца вучэнне аб эвалюцыі біягеацэнозаў (экасістэм) і біясферы ў цэлым. На аснове вучэння аб мікраэвалюцыі і прац вышэйназваных вучоных распрацоўваецца вучэнне аб макраэвалюцыі — эвалюцыйным працэсе ўтварэння надвідавых таксонаў (А. М. Северцаў, І. І. Шмальгаўзен, М. І. Вавілаў, Д. Г. Сімпсан) — другім этапе эвалюцыйнага працэсу. Аб’яднанне даных эвалюцыйнай генетыкі з вынікамі вывучэння папуляцый, біяцэнозаў і біясферы на аснове класічнага дарвінізму прывяло да з’яўлення ***сінтэтычнай тэорыі эвалюцыі (неадарвінізму)***.

Асноўныя палажэнні сінтэтычнай тэорыі эвалюцыі.

1. Элементарнай адзінкай эвалюцыі з’яўляецца папуляцыя.

2. Перадумовы эвалюцыі — мутацыйны працэс, камбінацыйная зменлівасць, папуляцыйныя хвалі, паток і дрэйф генаў, ізаляцыя.

3. Элементарны эвалюцыйны матэрыял — генатыпная разнастайнасць папуляцыі як вынік мутацый і іх камбінацый, змяненні суадносін генатыпаў у генафондзе.

4. Асноўная рухаючая сіла эвалюцыі — натуральны адбор, які працякае на аснове барацьбы за існаванне.

5. Эвалюцыя носіць дывергентны характар, г. зн. на аснове адной продкавай формы можа ўзнікнуць некалькі новых формаў, але кожная з іх мае толькі аднаго продка (монафілетычнае паходжанне).

6. Эвалюцыя працякае павольна і паступова. Відаўтварэнне як этап эвалюцыі ўключае прамежкавыя стадыі — разнавіднасці і падвіды.

7. Від існуе як цэласная, генетычна закрытая сістэма. Яго цэласнасць падтрымліваецца за кошт абмену генамі паміж папуляцыямі (паток генаў) у выніку міграцыі асобін.

8. Прыстасаванні (адаптацыі) фарміруюцца пад уздзеяннем натуральнага адбору і з’яўляюцца заканамерным вынікам эвалюцыі.

У другой палове XIX ст. эвалюцыйныя ідэі Ч. Дарвіна атрымалі шырокае распаўсюджванне ў прыродазнаўстве. Аднак у пачатку XX ст. развіццё генетыкі прывяло да крытыкі дарвінізму з-за няправільнай трактоўкі яе адкрыццяў. Далейшыя даследаванні ў галіне генетыкі і экалогіі дазволілі правільна растлумачыць асноўныя палажэнні класічнага дарвінізму. Аб’яднанне даных эвалюцыйнай генетыкі і экалогіі на аснове класічнага дарвінізму прывяло да з’яўлення сінтэтычнай тэорыі эвалюцыі.

1. Якія новыя навуковыя напрамкі з'явіліся ў прыродазнаўстве ў другой палове XIX ст. пад уплывам эвалюцыйнай тэорыі Ч. Дарвіна? **2.** У чым прычына крызісу класічнага дарвінізму ў пачатку XX ст.? **3.** Што дазволіла пераадолець крызіс класічнага дарвінізму ў 1920 — 1930 гг.? **4.** Пералічыце асноўныя палажэнні сінтэтычнай тэорыі эвалюцыі.

§ 29. Папуляцыя — элементарная адзінка эвалюцыі. Перадумовы эвалюцыі

Папуляцыя — элементарная адзінка эвалюцыі. У ходзе эвалюцыі адбываецца перадача спадчынных уласцівасцей і прыкмет арганізмаў у шэрагу пакаленняў. Асобны арганізм не можа выступаць у ролі элементарнай адзінкі эвалюцыі. *Па-першае*, ён існуе абмежаваны час (адно пакаленне) і не здольны забяспечыць працяг роду. *Па-другое*, кожная асобіна развіваецца на аснове генатыпу, атрыманага ад бацькоў. Як бы ні мяняўся фенатып асобіны, яе генатып на працягу жыцця застаецца практычна нязменным. Натуральны адбор можа працякаць толькі ў неаднародных як па фенатыпе, так і па генатыпе групах. Значыць, асобны арганізм не можа служыць матэрыялам для натуральнага адбору.

Дарвін разглядаў эвалюцыю на ўзроўні віду. У той час від лічыўся найменшай непадзельнай адзінкай прыроды. Аднак, па сучасных меркаваннях, від дыскрэтны і раздзяляецца на папуляцыі. Значыць, від не з'яўляецца найменшай непадзельнай адзінкай прыроды, здольнай да эвалюцыі, а ўяўляе сабой этап эвалюцыйнага працэсу.

Значыць, асобіна або від не могуць быць элементарнай адзінкай эвалюцыі, а яе ролю выконвае папуляцыя. У раздзеле «Від і папуляцыя» вы вывучалі папуляцыю як структурную адзінку жывой прыроды. У прыродзе папуляцыя можа доўга існаваць дзякуючы змене пакаленняў асобін, якія адрозніваюцца па генатыпах. Сукупнасць генатыпаў усіх асобін папуляцыі называецца *генафондам*. Эфектыўнасць распаўсюджвання ў папуляцыі кожнага канкрэтнага генатыпу залежыць ад таго, наколькі сфарміраваны на яго аснове фенатып асобіны адпавядае ўмовам яе пражывання. Аднак умовы жыцця і колькасць папуляцыі непастаянныя ў часе. Адпаведна змяняецца і карыснасць фенатыпаў. Тое, што было карысным у папярэднім пакаленні, можа стаць бескарысным або шкодным у наступным, і наадварот. У выніку адны генатыпы распаўсюджваюцца ў папуляцыі, а іншыя становяцца рэдкімі і паступова знікаюць, што прыводзіць да змянення генафонду папуляцыі.

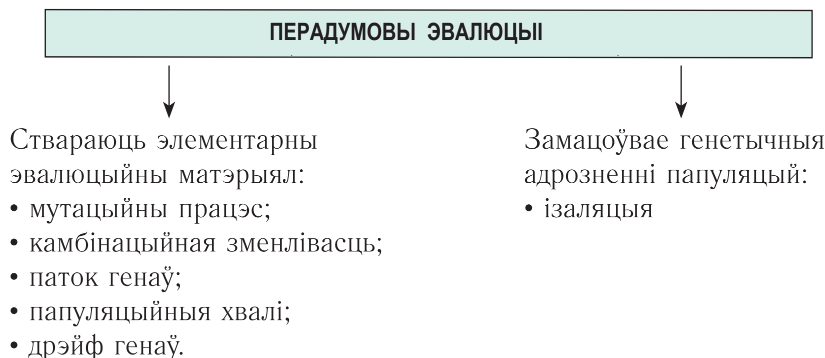
Не застаюцца пастаяннымі і самі генатыпы. Асобныя іх элементы (гены) таксама змяняюцца ў часе. У генах узнікаюць мутацыі, якія мяняюць генатыпы і фенатыпы асобін і іх патомкаў.

Такім чынам, у папуляцыях пастаянна змяняюцца генатыпы асобін і мяняюцца іх суадносіны ў генафондах. Гэта прыводзіць да з'яўлення генетычных адрозненняў паміж папуляцыямі, якія ўзмацняюцца пад уздзеяннем натуральнага адбору пры наяўнасці бар'ераў паміж імі. З цягам часу генафонды папуляцый могуць стаць настолькі рознымі, што паміж асобінамі гэтых папуляцый будзе немагчымым скрыжаванне. Гэта азначае, што папуляцыі сталі новымі відамі. Утварэнне новых відаў — гэта вынік эвалюцыі.

Як відаць, для працякання эвалюцыйнага працэсу неабходна, каб у папуляцыі з'явілася генатыпічная разнастайнасць асобін і адбывалася змяненне суадносін генатыпаў у генафондзе, г. зн. сфарміраваўся ***элементарны эвалюцыйны матэрыял***. Яго фарміраванне ў папуляцыі адбываецца ў выніку дзеяння пэўных фактараў — перадумоў эвалюцыі.

Перадумовы эвалюцыі. Даследаванні ў галіне эвалюцыйнай біялогіі, генетыкі і экалогіі пацвердзілі справядлівасць палажэнняў тэорыі Дарвіна і выявілі шэраг фактараў, якія адыгрываюць важную ролю ў працэсе эвалюцыі. Іх прынята раздзяляць на перадумовы і рухаючыя сілы эвалюцыі. У адпаведнасці з сучасным уяўленнем да перадумоў эвалюцыі, як ужо адзначалася, адносяцца: *мутацыйны працэс, камбінацыйная зменлівасць, паток генаў, папуляцыйныя хвалі (хвалі жыцця), дрэйф генаў, ізаляцыя*. Усе перадумовы, за выключэннем ізаляцыі, ствараюць элементарны эвалюцыйны матэрыял. Ізаляцыя не стварае матэрыял для натуральнага адбору, а замацоўвае генетычныя адрозненні паміж папуляцыямі або іх часткамі, якія ўзніклі ў выніку яго дзеяння.

Такім чынам, перадумовы эвалюцыі ў залежнасці ад ролі можна раздзяляць на дзве групы:



Мутацыйны працэс — выпадковы і ненакіраваны працэс узнікнення спадчынных змяненняў — *мутацый* — пад дзеяннем мутагенных фактараў асяроддзя. Ён стварае эвалюцыйны матэрыял для натуральнага адбору ў выглядзе змененых генатыпаў (мутацыйная зменлівасць). Частата спантанных мутацый у асоб-

ным гене невялікая (адна мутацыя на 10^4—10^9 гамет аднаго пакалення). Але паколькі адначасова муціруюць многія гены, то ў сярэднім 10—15 % гамет у пакаленні нясуць мутантныя алелі. У прыродзе практычна няма прыкмет асобін, якія б у той ці іншай ступені не закраналіся мутацыямі. Яны могуць прыводзіць да павелічэння або зніжэння выражанасці прыкметы, да яе рэзкага або нязначнага адхілення ад зыходнага значэння. Мутацыі носяць ненакіраваны характар і па-рознаму ўплываюць на жыццяздольнасць, пладавітасць, скорасць росту і іншыя асаблівасці асобін. Фенатыпічнае праяўленне мутацый у пэўных умовах можа быць шкодным (у большасці мутацый), карысным або нейтральным для іх уладальнікаў. Яно робіць асобін нераўназначнымі ў барацьбе за існаванне і ствараe тым самым аснову для натуральнага адбору.

Рэцэсіўныя мутацыі не маюць фенатыпічнага праяўлення ў асобін дадзенага пакалення, таму не могуць служыць матэрыялам для натуральнага адбору на дадзеным этапе эвалюцыі. Але ў нашчадкаў яны могуць перайсці ў гомазіготны стан і праявіцца фенатыпічна. Значыць, рэцэсіўныя мутацыі з'яўляюцца рэзервам далейшай эвалюцыі віду, яго эвалюцыйным патэнцыялам.

Камбінацыйная зменлівасць — спадчынныя змяненні, якія ўзніклі ў выніку ўтварэння новых камбінацый генаў (*рэкамбінацый*) у нашчадкаў. Камбінацыйная зменлівасць стварае эвалюцыйны матэрыял для натуральнага адбору ў выглядзе новых камбінацый генаў. Іх крыніцай з'яўляюцца: кросінговер, выпадковае разыходжанне храмасом пры меёзе, выпадковае спалучэнне гамет пры апладненні. Пры гэтым структура саміх генаў не змяняецца. З'яўленне новых прыкмет з'яўляецца вынікам узаемадзеяння алельных і неалельных генаў, а таксама пераходу рэцэсіўных мутацый у гомазіготны стан. Фенатыпічная і генатыпічная разнастайнасць асобін, якая ўзнікла ў выніку гэтага, з'яўляецца асновай для дзеяння натуральнага адбору.

Паток генаў — выпадковы абмен генамі паміж папуляцыямі аднаго віду ў выніку міграцыі асобін. Паток генаў стварае эвалюцыйны матэрыял для натуральнага адбору ў выглядзе змененых суадносін генаў у генафондзе папуляцыі. Пры ўсяленні ў дадзеную папуляцыю асобін з другой папуляцыі можа адбыцца папаўненне яе генафонду новымі генамі або павялічыцца колькасць носьбітаў пэўных генаў. Пры высяленні часткі асобін з папуляцыі вынік будзе процілеглым. У абодвух выпадках генетычная структура папуляцыі зменіцца.

Папуляцыйныя хвалі (хвалі жыцця) — больш або менш рэгулярныя ваганні колькасці, якія выпадкова змяняюць частату сустракаемасці генаў і мутацый у папуляцыях. Яны таксама даюць матэрыял для натуральнага адбору. Прычынай ваганняў колькасці могуць быць як абіятычныя (сезонныя змяненні кліматычных фактараў), так і біятычныя (ваганні колькасці драпежнікаў, паразітаў, канкурэнтаў, змяненне запасаў корму і інш.) фактары асяроддзя.

Напрыклад, пры цёплых умовах надвор'я ў экасістэме лугу за лета ўтвараецца шмат расліннага корму, што прыводзіць да хуткага павелічэння колькасці папуляцыі насякомых-лістагрызаў. Пры гэтым частата сустракаемасці рэдкіх генаў і мутацый у іх папуляцыі можа выпадкова павялічыцца. Таксама ўзрастае верагоднасць узнікнення новых мутацый і іх камбінацый. У выніку генетычная структура папуляцыі зменіцца. Пры неспрыяльных умовах будзе памяншацца запас расліннага корму, і, як вынік, адбудзецца зніжэнне колькасці насякомых. Гэта выкліча выпадковае змяненне суадносін генаў і мутацый у папуляцыі.

Дрэйф генаў — выпадковае, не падвержанае заканамернасцям змяненне частаты сустракаемасці генаў у генафондзе папуляцыі. Садзейнічае дрэйфу генаў памяншэнне колькасці папуляцыі або змяненне яе ўзроставага і палавога саставу ў выніку стыхійных бедстваў (лясных пажараў, паводак, ураганаў і інш.). Часам дрэйф генаў прыводзіць да істотнага змянення генафонду папуляцыі, што і дае матэрыял для натуральнага адбору. Асабліва прыкметная роля гэтага фактару ў малакалькасных папуляцыях.

Ізаляцыя — наяўнасць бар'ераў рознай прыроды, якія перашкаджаюць абмену генамі паміж папуляцыямі ў выніку свабоднага скрыжавання асобін. Яна замацоўвае вынік дзеяння натуральнага адбору ў ізаляваных папуляцыях і прыводзіць да фарміравання ў іх незалежных генафондаў.

Папуляцыя — элементарная адзінка эвалюцыі. Да перадумоў эвалюцыі адносяцца: мутацыйны працэс, камбінацыйная зменлівасць, паток генаў, папуляцыйныя хвалі (хвалі жыцця), дрэйф генаў, ізаляцыя. Першыя пяць фактараў пастаўляюць эвалюцыйны матэрыял для натуральнага адбору, а ізаляцыя замацоўвае вынік яго дзеяння.

1. Чаму адна асобіна або від не могуць быць элементарнай адзінкай эвалюцыі? Адказ абгрунтуйце. **2.** Назавіце прычыны змянення генатыпаў асобін у папуляцыях. **3.** Якія перадумовы эвалюцыі, на вашу думку, могуць змяняць суадносіны генатыпаў у папуляцыях? **4.** Растлумачце, чаму толькі частка генетычнай зменлівасці праяўляецца ў фенатыпах. **5.** У чым заключаецца эвалюцыйная роля ізаляцыі? **6.** Пры якіх умовах і якія мутацыі, на ваш погляд, могуць стаць элементарным эвалюцыйным матэрыялам? **7.** У папуляцыі вавёрак 15 з 250 асобін мелі вельмі густое і доўгае футра. Зімой колькасць папуляцыі паменшылася да 200 асобін, сярод якіх аказалася 14 вавёрак з вельмі густым і доўгім футрам. З-за недахопу корму палавіна папуляцыі вавёрак мігрыравала ў суседні лес. Сярод іх вавёрак з густым і доўгім футрам заўважана не было. Вызначце змяненне частаты сустракаемасці гена, які адказвае за густату і даўжыню футра. Якія перадумовы эвалюцыі сталі прычынай змянення частаты сустракаемасці гэтага гена ў папуляцыі?

§ 30. Рухаючыя сілы эвалюцыі

Перадумовы эвалюцыі самі па сабе не могуць прывесці да эвалюцыі. Для праходжання эвалюцыйнага працэсу, які вядзе да з'яўлення прыстасаванняў і ўтварэння новых відаў і іншых таксонаў, неабходны рухаючыя сілы эвалюцыі. У цяперашні час створанае Дарвінам вучэнне аб рухаючых сілах эвалюцыі (барацьбе за існаванне і натуральным адборы) дапоўнена новымі фактамі дзякуючы дасягненням сучаснай генетыкі і экалогіі.

Барацьба за існаванне і яе формы. Паводле прадстаўленняў сучаснай экалогіі, асобіны аднаго віду аб'ядноўваюцца ў папуляцыі, а папуляцыі розных відаў існуюць у пэўных экасістэмах. Узаемаадносіны асобін унутры папуляцый і з асобінамі папуляцый іншых відаў, а таксама з умовамі асяроддзя ў экасістэмах разглядаюцца як ***барацьба за існаванне***.

Дарвін лічыў, што барацьба за існаванне з'яўляецца вынікам размнажэння відаў у геаметрычнай прагрэсіі і з'яўлення залішняй колькасці асобін пры абмежаванні кармавых рэсурсаў. Гэта значыць пад словам «барацьба», па сутнасці, разумелася канкурэнцыя за корм ва ўмовах перанаселенасці. Паводле сучасных уяўленняў, элементамі барацьбы за існаванне могуць быць любыя ўзаемаадносіны — як канкурэнтныя, так і ўзаемавыгадныя (клопаты аб патомстве, узаемадапамога). Перанасяленне не з'яўляецца неабходнай умовай для барацьбы за існаванне. Значыць, у цяперашні час барацьба за існаванне разумеецца шырэй, чым паводле Дарвіна, і не зводзіцца да канкурэнтнай барацьбы ў прамым сэнсе слова.

Вылучаюць дзве асноўныя формы барацьбы за існаванне: прамая барацьба і ўскосная барацьба.

Прамая барацьба — любыя ўзаемаадносіны, пры якіх паміж асобінамі аднаго або розных відаў у саставе іх папуляцый назіраецца выражаны ў той або іншай ступені фізічны кантакт. Наступствы гэтай барацьбы могуць быць самымі рознымі для ўзаемадзейных бакоў. Прамая барацьба можа быць як унутрывідавой, так і міжвідавой (мал. 48).

Прыкладамі прамой *унутрывідавой барацьбы* могуць быць: саперніцтва паміж сем'ямі гракоў за месца гнездаванняў, паміж ваўкамі за здабычу, паміж самцамі за тэрыторыю. Гэта таксама выкормліванне дзіцянят малаком у млекакормячых, узаемадапамога пры будаўніцтве гнёздаў у птушак, ахова ад ворагаў і інш.

Да прамой *міжвідавой барацьбы* адносяцца ўзаемаадносіны драпежніка і ахвяры, паразіта і гаспадара, кветкавых раслін і насякомых-апыляльнікаў, клубеньчыкавых бактэрый і бабовых раслін, акул і рыб-прыліпалаў і інш. Пры прамой міжвідавой барацьбе ўдасканальваюцца прыстасаванні ўзаемадзейных асобін абодвух відаў (напрыклад, драпежніка і ахвяры, паразіта і гаспадара).

Унутрывідавая Міжвідавая

Мал. 48. Прамая барацьба

Ускосная барацьба — любыя ўзаемаадносіны паміж асобінамі розных папуляцый, якія выкарыстоўваюць агульныя харчовыя рэсурсы, тэрыторыю, умовы асяроддзя без непасрэднага кантакту адна з адной. Ускосная барацьба можа быць унутрывідавой, міжвідавой і з абіятычнымі фактарамі асяроддзя.

Прыкладамі ўскоснай барацьбы могуць быць узаемаадносіны паміж асобнымі бярозамі ў загушчаным бярозавым гаі (*унутрывідавая барацьба*), паміж белымі мядзведзямі і пясцамі, львамі і гіенамі за здабычу, святлолюбівымі і ценелюбівымі раслінамі (*міжвідавая барацьба*). Таксама ўскоснай барацьбой з'яўляецца розная ўстойлівасць раслін да забяспечанасці глебы вільгаццю і мінеральнымі рэчывамі, жывёл — да тэмпературнага рэжыму (*барацьба з абіятычнымі фактарамі асяроддзя*).

Вынікам барацьбы за існаванне з'яўляецца поспех або няўдача дадзеных асобін у выжыванні і пакіданні патомства, г. зн. *натуральны адбор*, а таксама змена тэрыторый, змена экалагічных патрэб і інш.

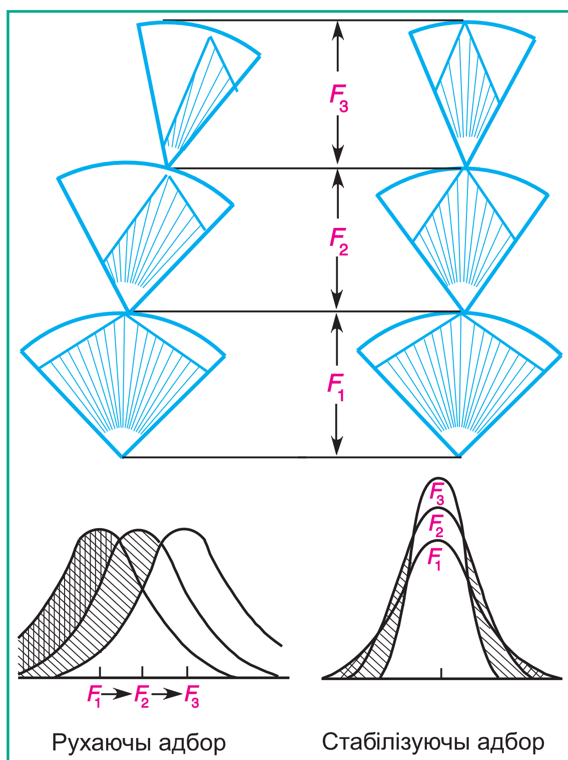
Натуральны адбор і яго формы. Паводле Дарвіна, натуральны адбор выражаецца ў пераважным выжыванні і пакіданні патомства найбольш прыстасаванымі асобінамі і гібелі менш прыстасаваных. Сучасная генетыка пашырыла гэта меркаванне. Разнастайнасць генатыпаў у папуляцыях, якая ўзнікае ў выніку дзеяння перадумоў эвалюцыі, прыводзіць да з'яўлення фенатыпічных адрозненняў паміж асобінамі. У выніку барацьбы за існаванне ў кожнай папуляцыі выжываюць і пакідаюць патомства асобіны з карыснымі ў дадзеным асяроддзі фенатыпамі і генатыпамі. Значыць, дзеянне адбору заключаецца ў дыферэнцыяцыі (выбіральным захаванні) фенатыпаў і ўзнаўленні адаптыўных генатыпаў. Паколькі адбор адбываецца па фенатыпах, то гэта вызначае значнасць *фенатыпічнай* (*мадыфікацыйнай*) *зменлівасці* ў эвалюцыі. Разнастайнасць *мадыфікацый*

уплывае на ступень разнастайнасці фенатыпаў, якія аналізуюцца натуральным адборам, і дазваляе віду выжываць у зменлівых умовах асяроддзя. Аднак мадыфікацыйная зменлівасць не можа быць перадумовай эвалюцыі, паколькі не ўплывае на генафонд папуляцыі.

Натуральны адбор — накіраваны гістарычны працэс дыферэнцыяцыі (выбіральнага захоўвання) фенатыпаў і ўзнаўлення адаптыўных генатыпаў у папуляцыях.

У залежнасці ад умоў асяроддзя пражывання папуляцый у прыродзе можна назіраць дзве асноўныя формы натуральнага адбору: рухаючы і стабілізуючы.

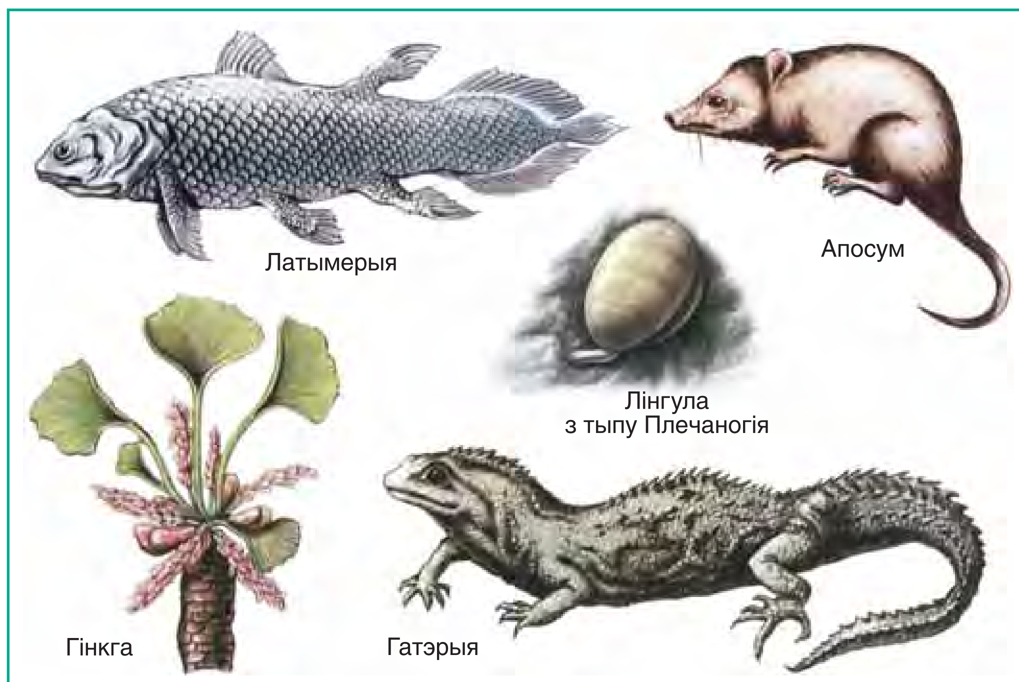
Рухаючы адбор дзейнічае ва ўмовах асяроддзя, якія паступова змяняюцца ў пэўным напрамку. Ён захоўвае карысныя фенатыпы, якія адхіліліся, і выдаляе ранейшыя і бескарысныя фенатыпы, якія адхіліліся. Пры гэтым адбываецца зрух сярэдняга значэння нормы рэакцыі прыкмет і змяшчэнне іх варыяцыйнай крывой у канкрэтным напрамку без змянення яе меж (мал. 49). Ніжняя частка малюнка (чорны колер) паказвае змяненне формы варыяцыйнай крывой прыкметы, верхняя частка (сіні колер) — змяненне колькасці розных варыянтаў прыкметы.



Мал. 49. Схема дзеяння натуральнага адбору

Калі адбор дзейнічае такім чынам у шэрагу пакаленняў (F_1 F_2 F_3), то ён прыводзіць да фарміравання новай нормы рэакцыі прыкмет. Яна не перакрываецца з папярэдняй нормай рэакцыі. У выніку фарміруюцца новыя адаптыўныя генатыпы ў папуляцыі. Гэта з'яўляецца прычынай паступовага ператварэння папуляцыі ў новы від. Менавіта такую форму адбору Дарвін лічыў рухаючай сілай эвалюцыі.

У выніку дзеяння рухаючага адбору адны прыкметы ў новых умовах могуць знікаць, а другія — развівацца і ўдасканальвацца. Напрыклад, страта канечнасцей у змей, вачэй — у пячор-



Мал. 50. Рэліктавыя арганізмы

ных жывёл, каранёў і лістоў — у раслін-паразітаў з'яўляецца вынікам дзеяння рухаючага адбору. Аднанакіраванае дзеянне натуральнага адбору прыводзіць да падаўжэння каранёў у склерафітаў, павышэння вастрыні зроку, слыху, нюху ў драпежнікаў і іх ахвяр.

Стабілізуючы адбор дзейнічае ў нязменных і аптымальных для папуляцый умовах асяроддзя. Ён захоўвае папярэдні фенатып і выдаляе любыя фенатыпы, якія адхіліліся ад яго. Пры гэтым сярэдняе значэнне нормы рэакцыі прыкмет не змяняецца, але звужваюцца межы іх варыяцыйнай крывой (гл. мал. 49). Значыць, генатыпічная і фенатыпічная разнастайнасць, якая ўзнікае як вынік дзеяння перадумоў эвалюцыі, зніжаецца. Гэта садзейнічае замацаванню папярэдніх генатыпаў і захаванню існуючага віду. Вынікам дадзенай формы адбору з'яўляецца існаванне ў цяперашні час старажытных (*рэліктавых*) арганізмаў (мал. 50). ***Рэліктавыя*** (ад лац. *relictum* — астатак) ***віды*** — жывыя арганізмы, якія захаваліся ў сучаснай флоры і фаўне ў пэўным рэгіёне як астатак продкавай групы. У мінулыя геалагічныя эпохі яны былі шырока распаўсюджаны і адыгрывалі вялікую ролю ў экасістэмах.

Рухаючымі сіламі эвалюцыі з'яўляюцца натуральны адбор і барацьба за існаванне. Адрозніваюць дзве формы барацьбы за існаванне: прамую і ўскосную барацьбу. У прыродзе назіраецца дзве асноўныя формы натуральнага адбору: рухаючы і стабілізуючы.

1. Чым сучаснае ўяўленне аб барацьбе за існаванне адрозніваецца ад яе азначэння паводле Дарвіна? **2.** У чым адрозненне паміж прамой і ўскоснай барацьбой за існаванне? Прывядзіце прыклады. **3.** Ахарактарызуйце механізм дзеяння натуральнага адбору з пазіцый сучаснай генетыкі. **4.** Якую ролю ў эвалюцыі адыгрываюць рухаючы і стабілізуючы натуральны адбор? **5.** Як можна растлумачыць, што да цяперашняга часу захаваліся старажытныя (рэліктавыя) арганізмы? **6.** Сярэдняе значэнне нормы рэакцыі даўжыні крылаў у птушак дадзенага віду складае 10,5 ± 2,3 см. Выберыце з прыведзеных варыянтаў значэнняў дадзенага паказчыка яго верагодныя значэнні пры працяглым дзеянні на від: 1) рухаючага адбору; 2) стабілізуючага адбору. Варыянты даўжыні крылаў: а) 13,2 ± 2,3 см; б) 10,5 ± 1,2 см; в) 10,5 ± 4,8 см; г) 9,8 ± 2,3 см; д) 10,5 ± 2,3 см; е) 10,5 ± 1,8 см. Аргументуйце свой выбар.

§ 31. Прыстасаванні — асноўны вынік эвалюцыі

Доўгі час прыстасаванасць арганізмаў да асяроддзя пражывання лічылася спрадвечнай і дадзенай творцам. Эвалюцыйная тэорыя Дарвіна даказала, што з'яўленне прыстасаванняў — адаптацый — заканамерны вынік дзеяння натуральнага адбору. Як і чаму мяняюцца ўласцівасці жывых арганізмаў? Што забяспечвае ўстойлівае аднаўленне гэтых уласцівасцей у шэрагу пакаленняў? Гэтыя пытанні з'яўляюцца прадметам даследаванняў эвалюцыйнай біялогіі.

Механізм узнікнення адаптацый. Кожнае прыстасаванне і ўвесь іх комплекс у арганізмаў не з'яўляюцца ў гатовым выглядзе. Яны фарміруюцца паступова ў працэсе барацьбы за існаванне шляхам натуральнага адбору выпадковых спадчынных змяненняў, якія павышаюць жыццяздольнасць арганізмаў у канкрэтным асяроддзі. Класічным прыкладам, які дазваляе прасачыць механізм узнікнення адаптацый, з'яўляецца развіццё цёмнай ахоўнай афарбоўкі ў матылёў віду бярозавы пядзенік. Чуць больш за 100 гадоў таму ў Англіі былі шырока распаўсюджаны бярозавыя пядзенікі светлай афарбоўкі з невялікай колькасцю цёмных плям. Днём яны сядзелі на ствалах бяроз і былі практычна непрыкметнымі. У сувязі з развіццём прамысловасці дым і сажа паступова асядалі на ствалах бяроз, і іх кара набыла цёмны колер. На гэтым фоне светлыя матылі сталі добра бачнымі і актыўна з'ядаліся птушкамі. У выніку мутацый у некаторых матылёў з'явілася цёмная афарбоўка. Яна давала ім перавагу ў ба-

Светлы ствол бярозы
Закураны ствол бярозы

Мал. 51. Мутацыйная зменлівасць бярозавага пядзеніка

рацьбе за існаванне, паколькі рабіла менш заўважнымі для птушак (мал. 51). Цёмныя матылі захоўваліся ў выніку натуральнага адбору і пакідалі патомства. Паступова яны выцеснілі светлых матылёў у прамысловых раёнах, і тыя захаваліся толькі ў сельскай мясцовасці. Так за адносна кароткі тэрмін у матылёў выпрацавалася адаптацыя да новых умоў асяроддзя ў выглядзе ахоўнай афарбоўкі.

Значыць, для ўзнікнення адаптацыі неабходна наяўнасць элементарнага эвалюцыйнага матэрыялу (мутацыі і іх камбінацыі) і рухаючых сіл эвалюцыі (барацьба за існаванне і натуральны адбор). З'яўленне ў папуляцыі ўдалага фенатыпу — носьбіта каштоўных мутацый — яшчэ нельга разглядаць як адаптацыю. Неабходна, каб выпадковыя карысныя адхіленні некаторых асобін пад уздзеяннем натуральнага адбору ператварыліся ў карысную прыкмету для ўсёй папуляцыі або віду ў цэлым.

Віды адаптацый. Існуюць наступныя віды адаптацый арганізмаў: марфалагічныя, фізіялагічныя, біяхімічныя, паводзінскія (эталагічныя).

Марфалагічныя адаптацыі — асаблівасці афарбоўкі і будовы цела, якія павышаюць выжывальнасць арганізмаў у дадзеным асяроддзі. З вялікай колькасці марфалагічных адаптацый найбольш значнымі з'яўляюцца сродкі пасіўнай абароны: ахоўная і перасцерагальная афарбоўка, мімікрыя. Яны павышаюць шанс асобін выжыць і пакінуць патомства.

Ахоўная афарбоўка — афарбоўка цела арганізмаў, якая дазваляе ім зліцца з фонам асяроддзя і стаць менш заўважнымі для ворагаў. Ахоўная афарбоўка

Аднатонная

Расчляняючая

Мал. 52. Ахоўная афарбоўка

бывае аднатоннай або расчляняючай (мал. 52). Напрыклад, зялёны вусень і конік амаль не заўважныя на фоне лістоў і травы. Заяц бяляк, пясец, гарнастай не бачны на фоне белага снегу. Хамелеон і камбала могуць мяняць афарбоўку пад колер асяроддзя шляхам пераразмеркавання пігментаў у скурным покрыве. Тыгры ледзь заўважныя нават на невялікай адлегласці з-за супадзення палос на іх целе з чаргаваннем святла і ценю ў асяроддзі.

Перасцерагальная афарбоўка — яркая, добра прыкметная афарбоўка цела ў неядомых арганізмаў або тых, што маюць сродкі абароны (мал. 53). Драпежнік,

Божая кароўка

Каралавы аспід

Мал. 53. Перасцерагальная афарбоўка

Мал. 54. Мімікрыя ў насякомых

які спрабуе з’есці такую ахвяру, атрымлівае адпор і ў далейшым не чапае асобін з такой афарбоўкай. Божая кароўка мае ярка-чырвоную афарбоўку з чорнымі кропкамі, якая з’яўляецца сігналам яе таксічнасці. Восы, пчолы і чмялі чаргаваннем яркіх жоўтых і чорных палос папярэджваюць аб наяўнасці ў іх джала. Ядавітыя змеі звычайна маюць добра заўважны кантрасны малюнак на целе.

Мімікрыя (ад грэч. *mimikós* — імітацыйны) — імітаванне неабароненымі і ядомымі відамі прадстаўнікоў відаў, якія маюць сродкі абароны або з’яўляюцца неядомымі. Пры гэтым аб’ектам імітавання могуць быць як жывёлы, так і расліны. Від-імітатар заблытвае драпежніка і павышае свой шанс выжыць. Некаторыя мухі (вялікагалоўка, сірфіда, журчалка) і матылі (шклянніца) імітуюць шэршняў і пчол. У лясах Амазоніі сярод ядавітых матылёў геліканід сустракаюцца вельмі на іх падобныя ядомыя матылі з сямейства бялянак (мал. 54).

Да сродкаў пасіўнай абароны таксама адносяцца цвёрдае покрыва (ракавіны малюскаў, панцыры чарапах) і іголкі (вожыкі, дзікабразы). У раслін гэту ролю адыгрываюць калючкі (барбарыс, шыпшына, глог, акацыя) і пякучыя залозістыя валаскі (крапіва, шалфей, баршчэўнік).

Фізіялагічныя адаптацыі — асаблівасці працэсаў жыццядзейнасці, спрыяльныя для жыцця ў дадзеным асяроддзі. Гэта адаптацыі па падтрыманні пастаяннай тэмпературы цела: потавыдзяленне, цеплавая задышка, мышачныя дрыжыкі, пашырэнне і звужэнне сасудаў скуры і інш. Да недахопу кіслароду ў жыхароў высакагор’яў выпрацавалася адаптацыя ў выглядзе павышанай колькасці эрытрацытаў і гемаглабіну ў крыві. У водных жывёл, якія ныраюць, у мышцах вялікая колькасць міяглабіну, што звязвае кісларод. Да фізіялагічных адаптацый можна

аднесці здольнасць жывёл і раслін падтрымліваць водны баланс у арганізме пры рознай забяспечанасці асяроддзя вадой.

Біяхімічныя адаптацыі — асаблівасці хімічнага саставу цела і біяхімічных рэакцый, якія дазваляюць арганізму рэагаваць на змяненні навакольнага асяроддзя. Пры павелічэнні асветленасці паскараецца працэс фотасінтэзу ў раслін. Пры нізкай тэмпературы асяроддзя ў жывёл узмацняецца энергетычны абмен. Для прываблівання насякомых-апыляльнікаў у раслін сінтэзуюцца эфірныя маслы, якія надаюць кветкам духмянасць.

Паводзінскія (эталагічныя) адаптацыі — асаблівасці паводзін асобных арганізмаў або іх груп, накіраваныя на выжыванне і размнажэнне ў дадзеным асяроддзі. З разнастайнасцю паводзінскіх адаптацый у жывёл і птушак вы пазнаёміліся ў курсе біялогіі 8-га класа. Шэраг паводзінскіх рэакцый у арганізмаў носіць прыроджаны характар (*інстынкты*). Яны праяўляюцца ў выглядзе актыўнага будавання гнёздаў або нор, наседжвання яек, клопатаў аб патомстве, шлюбных гульняў, сезонных міграцый і інш. На працягу жыцця ў асобін з'яўляюцца набытыя адаптацыі (*умоўныя рэфлексы*). Гэта выбар месцаў для начоўкі, абароны ад холаду або гарачыні, аб'яднанне ў зграі для паспяховага палявання, выбар сцежак да вадапою і інш.

Адносны характар прыстасаванасці. Любое прыстасаванне адноснае ў прасторы і ў часе, паколькі карыснае толькі ў дадзеным асяроддзі і ў дадзены час. Існуе цэлы шэраг фактаў, якія даказваюць адносны характар прыстасаванасці.

Па-першае, пры змяненні ўмоў асяроддзя або пераходзе ў другое асяроддзе карысныя прыстасаванні могуць стаць бескарыснымі або нават шкоднымі. Напрыклад, заяц бяляк у бясснежную зіму яшчэ больш прыкметны для драпежнікаў. Цёмнаафарбаваныя бярозавыя пядзенікі добра бачны для птушак на светлых ствалах бяроз у сельскай мясцовасці.

Па-другое, ні адно абарончае прыстасаванне не забяспечвае абсалютную бяспеку для яго ўладальнікаў. Так, вожык і мангуст могуць без шкоды для сябе лавіць ядавітых змей, якія маюць перасцерагальную афарбоўку. Некаторыя птушкі з'ядаюць вос і пчол, нягледзячы на джала. Буйныя драпежныя птушкі кормяцца чарапахамі, чыё цела ахоўвае цвёрды панцыр.

Па-трэцяе, наяўнасць немэтазгодных прыкмет або неапраўданых паводзін арганізмаў даказвае, што не ўсе прыкметы карысныя. Напрыклад, у горных гусей ёсць перапонкі, хоць яны не плаваюць. Зімой пры наступленні цёплага надвор'я некаторыя расліны могуць зацвітаць. Халоднай вясной можа назірацца прылёт вадаплаўных птушак яшчэ да крыгалому на вадаёмах.

Па-чацвёртае, наяўнасць у арганізмаў ***рудыментаў*** — органаў, якія страцілі сваё значэнне і знаходзяцца на стадыі знікнення. Гэта даказвае, што прыста-

саванні часовыя і могуць знікаць. Напрыклад, у чалавека ёсць копчык, які складаецца з рудыментарных хваставых пазванкоў, добра развітых у далёкіх продкаў чалавека, якія жылі на дрэвах. Пры наземным спосабе жыцця хвост страціў сваё значэнне і паступова выдаляецца натуральным адборам.

Для ўзнікнення адаптацыі неабходна наяўнасць элементарнага эвалюцыйнага матэрыялу (мутацыі і іх камбінацыі) і рухаючых сіл эвалюцыі (барацьба за існаванне і натуральны адбор). Адаптацыі могуць быць марфалагічныя, фізіялагічныя, біяхімічныя, паводзінскія. Любое прыстасаванне адносна ў прасторы і ў часе, паколькі карысна ў дадзеным асяроддзі і ў дадзены час.

1. Раскрыйце механізм узнікнення адаптацый. **2.** Ахарактарызуйце разнастайнасць марфалагічных адаптацый. **3.** Прывядзіце прыклады фізіялагічных і біяхімічных адаптацый у раслін і жывёл. **4.** Чым адрозніваюцца прыроджаныя і набытыя паводзінскія адаптацыі? **5.** Прывядзіце доказы адноснага характару прыстасаванасці. **6.** Вызначце адпаведнасць паміж відамі марфалагічных адаптацый і іх прыкладамі. *Віды адаптацый*: 1. Ахоўная афарбоўка. 2. Перасцерагальная афарбоўка. *Прыклады адаптацый*: а) конік; б) божая кароўка; в) гарнастай; г) чмель; д) тыгр; е) пясец; ж) камбала; з) ядавітая змяя. **7.** Уявіце, што ў выніку пацяплення клімату ў нашым рэгіёне зімой зусім перастане выпадаць снег. Што адбудзецца з папуляцыямі зайца беляка? Апішыце ход мяркуемых працэсаў з пункту гледжання эвалюцыі.

§ 32. Відаўтварэнне. Фактары і спосабы відаўтварэння

Паняцце аб відаўтварэнні. Прызнаючы рэальнасць віду, Дарвін дказаў, што ў прыродзе пастаянна адбываецца працэс *відаўтварэння* — узнікнення новых відаў на аснове існуючых пад уплывам рухаючых сіл эвалюцыі. Згодна з сучаснымі ўяўленнямі аб эвалюцыі, утварэнне новага віду адбываецца ў межах папуляцыі — элементарнай адзінкі эвалюцыі. Папуляцыі з’яўляюцца генетычна адкрытымі сістэмамі. І пакуль паміж імі адбываецца паток генаў у выніку міграцыі асобін, від застаецца адзінай генетычна закрытай сістэмай. Аднак узнікненне ізаляцыі (бар’ера) паміж дзвюма папуляцыямі прыводзіць да назапашання ў іх спадчынных адрозненняў, якія перашкаджаюць скрыжаванню асобін гэтых папуляцый пры наступных сустрэчах. Гэта даказвае, што папуляцыі становяцца генетычна закрытымі сістэмамі і, такім чынам, новымі відамі. Значыць, адбыўся працэс відаўтварэння.

Відаўтварэнне — эвалюцыйны працэс ператварэння генетычна адкрытых сістэм — папуляцый — у генетычна закрытыя сістэмы — новыя віды.

Відаўтварэнне — гэта складаны і працяглы працэс, які ўключае прамежкавыя стадыі і патрабуе наяўнасці пэўных фактараў.

Фактары відаўтварэння. У папуляцыях аднаго віду дзеянне перадумоў эвалюцыі прыводзіць да ўзнікнення разнастайнасці генатыпаў і фенатыпаў. Гэта з'яўляецца асновай для барацьбы за існаванне і натуральнага адбору. Дзеянне натуральнага адбору на папуляцыі, умовы пражывання якіх адрозніваюцца, робіць іх крыху рознымі. Аднак адрозненні паміж асобінамі, якія ўзніклі ў выніку адбору, будуць згладжвацца, калі асобіны папуляцый пачнуць скрыжоўвацца паміж сабой. Для таго каб на ўзроўні гэтых папуляцый пачаўся працэс відаўтварэння, паміж імі неабходна ізаляцыя, якая перашкаджае абмену генетычнай інфармацыяй. Вылучаюць дзве формы ізаляцыі: геаграфічную і біялагічную.

Геаграфічная (прасторавая) ізаляцыя — адасабленне пэўнай папуляцыі ад другой папуляцыі таго ж віду якімі-небудзь цяжкапераадольнымі бар'ерамі. Першая прычына — вялікія тэрытарыяльныя разрывы паміж папуляцыямі ў відаў, якія маюць мазаічныя арэалы. Узнікненне гэтых разрываў можа быць звязана з ледавікамі, дзейнасцю чалавека або рассяленнем папуляцый за межы зыходнага арэала. Другая прычына — геаграфічныя бар'еры, якія раздзяляюць папуляцыі (рэкі, горы, цясніны, участкі лесу, лугі, балоты). Геаграфічная ізаляцыя перашкаджае свабоднаму скрыжаванню асобін раздзеленых папуляцый у выніку немагчымасці іх сустрэчы з-за геаграфічнага бар'ера.

Біялагічная ізаляцыя абумоўлена біялагічнымі адрозненнямі паміж асобінамі папуляцый. У залежнасці ад характару адрозненняў вылучаюць чатыры віды біялагічнай ізаляцыі: экалагічную, эталагічную, морфафізіялагічную і генетычную.

Экалагічная ізаляцыя абумоўлена змяшчэннем рэпрадуктыўных перыядаў (тэрмінаў цвіцення, гнездавання, спарвання, нерасту) або рознымі месцамі размнажэння, што перашкаджае свабоднаму скрыжаванню асобін папуляцый.

Калі папуляцыі травяністых раслін трапляюць у зону павышанай вільготнасці, то ў іх у параўнанні з іншымі папуляцыямі змяшчаюцца тэрміны цвіцення. У птушак папуляцыі аднаго віду могуць адрознівацца тэрмінамі гнездавання і спарвання ў залежнасці ад размяшчэння гнёздаў у розных частках кроны дрэў або ў хмызняковым ярусе.

Эталагічная ізаляцыя абумоўлена асаблівасцямі паводзін асобін у шлюбны перыяд. Мізэрныя на першы погляд адрозненні ў рытуалах заляцання пры абмене зрокавымі, гукавымі, хімічнымі сігналамі могуць прыводзіць да спынення гэтага рытуалу і абмежавання спарвання.

Морфафізіялагічная ізаляцыя абумоўлена адрозненнямі ў памерах асобін або ў будове мужчынскіх капулятыўных органаў (некаторыя віды лёгачных ма-

люскаў, грызуноў). Яна не замінае сустрэчы полаў, але перашкаджае скрыжаванню асобін з-за немагчымасці апладнення.

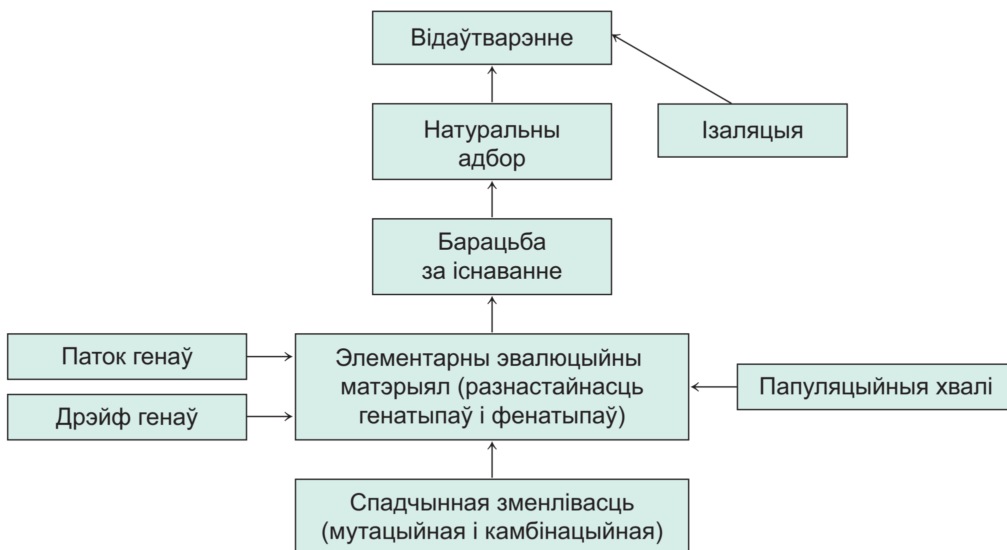
Генетычная ізаляцыя абумоўлена буйнымі храмасомнымі і геномнымі перабудовамі, якія выклікаюць адрозненні ў ліку, форме і саставе храмасом. Яна не перашкаджае сустрэчы полаў і апладненню, але выключае абмен генетычнай інфармацыяй паміж папуляцыямі ў выніку гібелі зігот пасля апладнення, рознай ступені стэрыльнасці гібрыдаў і іх паніжанай жыццяздольнасці.

Дзеянне любой формы ізаляцыі на эвалюцыйны матэрыял ненакіраванае, але з'яўляецца абавязковай умовай узмацнення генетычных адрозненняў паміж папуляцыямі. Важная характарыстыка ізаляцыі — яе працягласць, дзякуючы чаму дзеянне рознанакіраванага натуральнага адбору прыводзіць да разыходжання прыкмет папуляцый — ***дывергенцыі***. У выніку папуляцыі ператвараюцца ў *разнавіднасці*, або *расы*. Захаванне ізаляцыі прыводзіць да ўзмацнення адрозненняў паміж разнавіднасцямі, і яны ператвараюцца ў *падвіды*. Калі ўзмацненне адрозненняў паміж падвідамі будзе перашкаджаць іх скрыжаванню, значыць, яны сталі генетычна закрытымі сістэмамі. Паміж імі ўзнікла рэпрадуктыўная ізаляцыя. Падвіды ператварыліся ў *новыя віды*.

Такім чынам, фактарамі відаўтварэння (гл. схему) з'яўляюцца:

1) перадумовы эвалюцыі: мутацыйная і камбінацыйная зменлівасць, папуляцыйныя хвалі, паток і дрэйф генаў, ізаляцыя;

2) рухаючыя сілы эвалюцыі: барацьба за існаванне, натуральны адбор.

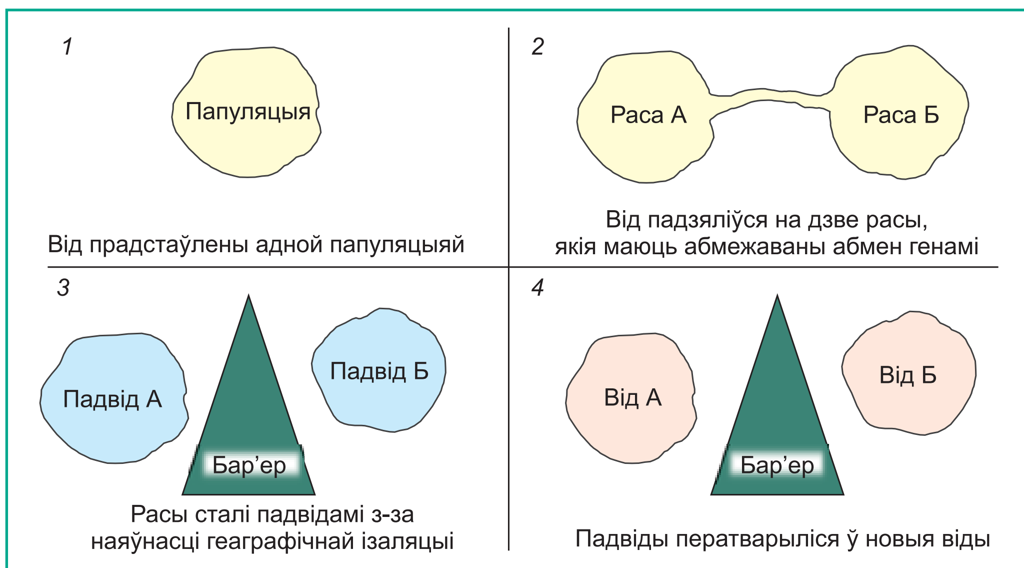


Працэсы, якія працякаюць унутры віду на ўзроўні папуляцый пад уздзеяннем гэтых фактараў і якія прыводзяць да ўтварэння новых відаў, можна разглядаць як пачатковы этап эвалюцыі — *мікраэвалюцыю*.

Далей эвалюцыя працягваецца на ўзроўні відаў, родаў, сямействаў па тым жа механізме і пад уздзеяннем тых жа перадумоў і рухаючых сіл эвалюцыі. Гэты этап эвалюцыі называецца *макраэвалюцыяй*. Мікраэвалюцыя і макраэвалюцыя з'яўляюцца этапамі адзінага эвалюцыйнага працэсу.

Спосабы відаўтварэння. У залежнасці ад формы ізаляцыі папуляцый вылучаюць два спосабы відаўтварэння: алапатрычнае і сімпатрычнае.

Алапатрычнае (ад грэч. *állos* — розны, *pátris* — радзіма) ***відаўтварэнне*** адбываецца пры наяўнасці геаграфічнай ізаляцыі. Папуляцыі аднаго віду раз'яднаны вялікімі адлегласцямі або геаграфічнымі перашкодамі (мал. 55, *1*—*4*). Утвораныя пры гэтым геаграфічныя расы і падвіды маюць арэалы, якія не перакрываюцца з мацярынскім арэалам. Прыкладам алапатрычнага відаўтварэння можа служыць наяўнасць двух падвідаў амерыканскай ваверкі і трох падвідаў блакітных соек (мал. 56). Яны пражываюць у розных геаграфічных раёнах Паўночнай Амерыкі. На еўраазіяцкім кантыненце ёсць тры падвіды вялікай сініцы, якія ўтварыліся ў выніку геаграфічнай ізаляцыі. Існуюць таксама падвіды верабʼёў, валавок, дзятлаў, якія маюць розныя арэалы распаўсюджання.



Мал. 55. Схема алапатрычнага відаўтварэння

Мал. 56. Прыклады алапатрычнага відаўтварэння

Сімпатрычнае відаўтварэнне (ад грэч. *sýn* — разам, *pátris* — радзіма) працякае пры наяўнасці біялагічнай ізаляцыі. Папуляцыі аднаго віду знаходзяцца ў межах мацярынскага арэала, але не могуць скрыжоўвацца ў сілу біялагічных адрозненняў паміж іх асобінамі. Сімпатрычнае відаўтварэнне можа праяўляцца ў раслін пры спецыялізацыі насякомых-апыляльнікаў у апыленні кветак пэўнай формы. Напрыклад, пчолы з'яўляюцца ізалюючым фактарам паміж расамі раслін ільвінага зева. Яны ніколі не пераходзяць з аблёту кветак адной расы на другую. У вялікага званца, белай лебяды ўтвараюцца сезонныя расы, якія адрозніваюцца па тэрмінах цвіцення. У шэрагу відаў рыб (селядзец, акунь, сазан і інш.) існуюць сезонныя расы з рознымі тэрмінамі нерасту.

Фактарамі відаўтварэння з'яўляюцца: перадумовы і рухаючыя сілы эвалюцыі. Вылучаюць геаграфічную і біялагічную формы ізаляцыі. У залежнасці ад формы ізаляцыі ў прыродзе можа працякаць алапатрычнае або сімпатрычнае відаўтварэнне. Відаўтварэнне з'яўляецца вынікам мікраэвалюцыі.

1. Чым сучаснае ўяўленне аб відаўтварэнні адрозніваецца ад дарвінаўскага? **2.** Якія формы ізаляцыі вылучаюць? У чым іх адрозненні? **3.** Ахарактарызуйце спосабы відаўтварэння. Што паміж імі агульнае? У чым адрозненні? **4.** Раскрыйце механізм мікраэвалюцыі. **5.** Вызначце адпаведнасць паміж спосабамі відаўтварэння і іх прыкладамі. *Спосабы відаўтварэння*: 1. Алапатрычнае. 2. Сімпатрычнае. *Прыклады*: а) расы акуня з рознымі тэрмінамі нерасту; б) падвіды вераб'ёў з рознымі арэаламі; в) расы званца з рознымі тэрмінамі цвіцення; г) расы селядца з рознымі тэрмінамі нерасту; д) падвіды дзятлаў з рознымі арэаламі; е) расы белай лебяды з рознымі тэрмінамі цвіцення; ж) падвіды вялікай сініцы

з рознымі арэаламі. **6.** Дзве папуляцыі зайцоў жывуць на розных берагах ракі. Зімой, калі рака пакрываецца льдом, яны могуць сустракацца і скрыжоўвацца. Што адбудзецца з гэтымі папуляцыямі, калі ў выніку пацяплення клімату на рацэ не будзе ўтварацца лёд? Апішыце ход мяркуемых працэсаў з пункту гледжання эвалюцыі.

§ 33. Прагрэс і рэгрэс у эвалюцыі. Шляхі дасягнення біялагічнага прагрэсу

Прагрэс і рэгрэс у эвалюцыі. Калі прааналізаваць гісторыю развіцця арганічнага свету, то можна заўважыць, што многія таксанамічныя групы арганізмаў з цягам часу станавіліся больш дасканалымі і шматлікімі. Аднак асобныя групы паступова скарачалі сваю колькасць і знікалі з арэны жыцця. Значыць, эвалюцыя працякала ў двух напрамках. Вучэнне аб асноўных напрамках эвалюцыі — біялагічным прагрэсе і біялагічным рэгрэсе было распрацавана А. М. Северцавым і дапоўнена яго вучнем І. І. Шмальгаўзенам.

Біялагічны прагрэс (ад лац. *progressus* — рух наперад) — напрамак эвалюцыі, які характарызуецца павышэннем прыстасаванасці арганізмаў пэўнай сістэматычнай групы да навакольнага асяроддзя. З'яўленне новых прыстасаванняў забяспечвае арганізмам поспех у барацьбе за існаванне, захаванне і размнажэнне ў выніку натуральнага адбору. Гэта прыводзіць да хуткага павелічэння колькасці і, як вынік, да асваення новых месцаў пражывання і фарміравання шматлікіх папуляцый. Папуляцыі, якія апынуліся ў розных умовах асяроддзя, падвяргаюцца дзеянню рознанакіраванага натуральнага адбору. У выніку яны паступова ператвараюцца ў новыя віды, віды — у роды і г. д. Таму сістэматычная група (від, род, сямейства і інш.) знаходзіцца ў стане росквіту, паколькі ўключае шмат падпарадкаваных формаў.

Такім чынам, біялагічны прагрэс з'яўляецца вынікам поспеху сістэматычнай групы ў барацьбе за існаванне, дзякуючы павышэнню прыстасаванасці яе асобін.

Біялагічны рэгрэс (ад лац. *regressus* — вяртанне, рух назад) — напрамак эвалюцыі, які характарызуецца зніжэннем прыстасаванасці арганізмаў пэўнай сістэматычнай групы да ўмоў пражывання. Калі ў арганізмаў тэмпы эвалюцыі (фарміраванне прыстасаванасцей) адстаюць ад змяненняў знешняга асяроддзя і роднасных формаў, то яны не могуць канкурыраваць з іншымі групамі арганізмаў. Гэта азначае, што арганізмы будуць выдаляцца натуральным адборам. Адбудзецца зніжэнне колькасці асобін. У выніку паменшыцца плошча заселенай імі тэрыторыі і, як вынік, паменшыцца колькасць таксонаў. Пагэтаму можа адбыцца выміранне дадзенай групы.

Такім чынам, біялагічны рэгрэс — паступовае выміранне сістэматычнай групы (віду, роду, сямейства і інш.) у выніку зніжэння прыстасаванасці яе асобін. Дзейнасць чалавека таксама можа прыводзіць да біялагічнага рэгрэсу некаторых відаў. Прычынай можа быць прамое вынішчэнне (зубр, собаль, стэлерава карова і інш.). Але гэта можа адбыцца і ў выніку скарачэння арэалаў пры асваенні новых тэрыторый (драфа, журавель белы, рапуха чаротная і інш.). Віды, якія знаходзяцца ў стане біялагічнага рэгрэсу, заносяцца ў Чырвоную кнігу і падлягаюць ахове.

У чацвёртае выданне Чырвонай кнігі Рэспублікі Беларусь уключаны 202 віды жывёл, 189 — раслін, 34 — імхоў, 21 — водарасцей, 25 — лішайнікаў і 34 віды грыбоў. Вельмі важным мерапрыемствам з'яўляецца стварэнне так званых чырвоных сшыткаў — ахоўных дакументаў мясцовага значэння, якія складаюцца юнымі эколагамі ў школах.

Прыкметы, характэрныя для біялагічнага прагрэсу і біялагічнага рэгрэсу, паказаны ў табліцы 5.

Табліца 5. **Прыкметы біялагічнага прагрэсу і рэгрэсу**

Біялагічны прагрэс	Біялагічны рэгрэс
Павелічэнне колькасці асобін	Памяншэнне колькасці асобін
Пашырэнне арэала	Скарачэнне арэала
Павелічэнне колькасці папуляцый, падвідаў, відаў і г. д. (прагрэсіўная дыферэнцыяцыя)	Памяншэнне колькасці сістэматычных груп больш нізкага рангу (зніжэнне разнастайнасці асобін)

Шляхі дасягнення біялагічнага прагрэсу. Біялагічны прагрэс можа дасягацца трыма асноўнымі шляхамі — пры дапамозе арагенезу, алагенезу і катагенезу. Кожны са шляхоў характарызуецца ўзнікненнем у арганізмаў пэўных прыстасаванняў (адаптацый).

Арагенез (ад грэч. *áirō* — падымаю, *génesis* — развіццё) — шлях развіцця адаптацый, якія павышаюць узровень арганізацыі асобін і іх прыстасаванасць да розных асяроддзяў пражывання да такой ступені, што гэта дазваляе ім перайсці ў новае асяроддзе жыцця (напрыклад, з воднага асяроддзя ў наземна-паветранае). Гэтыя адаптацыі называюцца *арамарфозамі* (ад грэч. *áirō* — падымаю, *mórphōsis* — узор, форма). Яны ўяўляюць сабой глыбокія змяненні ў будове і функцыях арганізмаў. У выніку з'яўлення дадзеных адаптацый значна павышаецца ўзровень арганізацыі і інтэнсіўнасць працэсаў жыццядзейнасці арганізмаў. Таму Северцаў называў арамарфозы ***морфафізіялагічным прагрэсам***. Прыклады асноўных арамарфозаў паказаны ў табліцы 6.

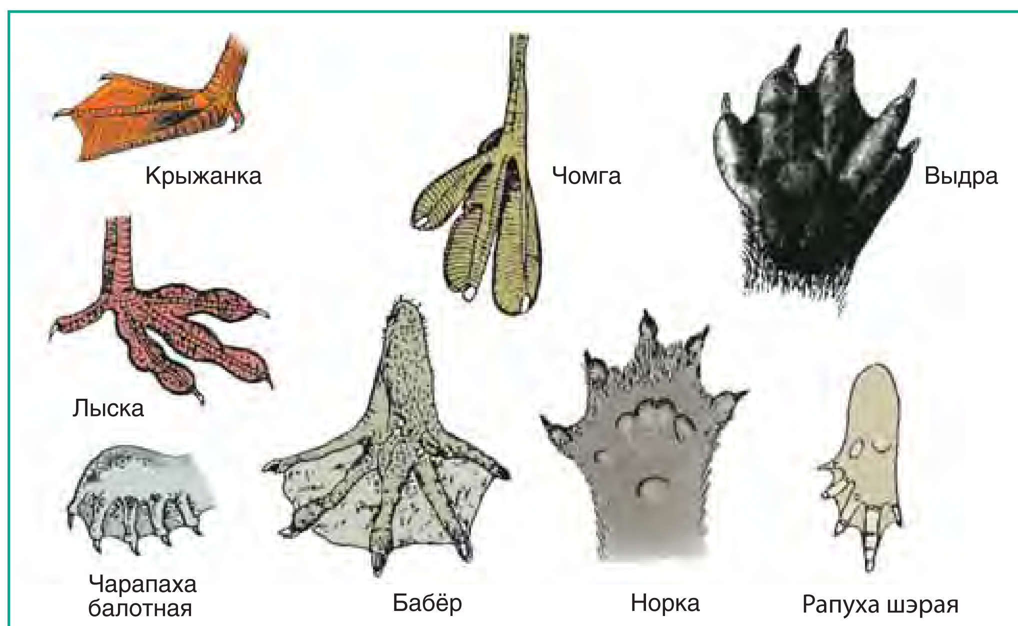
Табліца 6. **Асноўныя арамарфозы ў жывёл і раслін**

Жывёлы	Расліны
Двухбаковая (білатэральная) сіметрыя цела	Хларафіл і хларапласты (фотасінтэз)
Два тыпы палавых сістэм	Тканкі (покрыўная, механічная, праводзячая)
Рухомыя канечнасці	Органы (корань, сцябло, ліст)
Трахейнае дыханне ў беспазваночных жывёл	Чаргаванне пакаленняў (спарафіт і гаметафіт)
Лёгачнае дыханне ў пазваночных жывёл	Кветка і плод
Цэнтральная нервовая сістэма, развітыя аддзелы галаўнога мозга	Двайное апладненне (без вады)
Чатырохкамернае сэрца	
Два кругі кровазвароту (цеплакроўнасць)	
Альвеалярныя лёгкія	

Арагенез прыводзіць да з'яўлення буйных сістэматычных груп (класаў, аддзелаў, тыпаў, царстваў). Прыкладамі арагенезу з'яўляецца ўзнікненне аддзелаў гола- і пакрытанасенных раслін, класаў наземных пазваночных жывёл і інш.

Алагенез (ад грэч. *állos* — другі, іншы, *génesis* — паходжанне, узнікненне) — шлях развіцця прыватных адаптацый, якія не змяняюць узровень арганізацыі асобін. Але яны дазваляюць асобінам больш поўна засяляць ранейшае асяроддзе пражывання. Гэтыя адаптацыі называюцца *аламарфозамі*. Аламарфозы ўзнікаюць на аснове арамарфозаў і ўяўляюць сабой разнастайнасць формаў органаў без змянення іх унутранай будовы. Прыкладамі аламарфозаў могуць быць розныя формы канечнасцей у пазваночных (мал. 57), дзюбаў і ног у птушак, розныя тыпы лістоў, сцёблаў, кветак у раслін і інш. За кошт аламарфозаў алагенез прыводзіць да павелічэння відавой разнастайнасці ў межах буйных сістэматычных груп. Напрыклад, павелічэнне разнастайнасці класа двухдольных раслін адбылося за кошт з'яўлення рознай формы кветак.

Катагенез (ад грэч. *kata* — прыстаўка, якая азначае рух зверху ўніз, *génesis* — паходжанне, узнікненне) — асобы шлях эвалюцыі ў больш простым асяроддзі, які суправаджаецца рэдукцыяй асобных сістэм органаў з адначасовым павышэннем эфектыўнасці рэпрадуктыўнай сістэмы. Спрашчэнні сістэм органаў праяўляюць сябе як адаптацыі, таму замацоўваюцца натуральным адборам. Гэтыя адаптацыі называюцца *катамарфозамі*. Северцаў называў іх *агульнай дэ-*

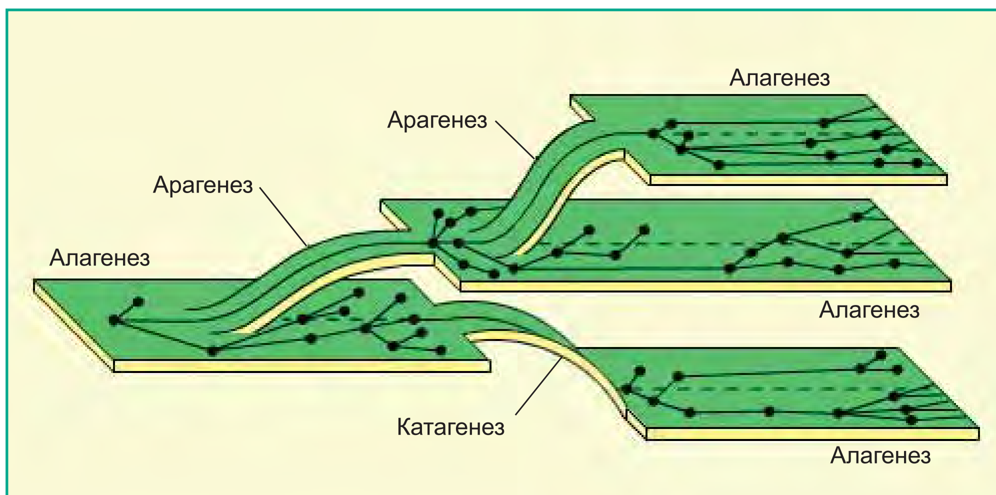


Мал. 57. Аламарфозы — разнастайнасць формаў канечнасцей пазваночных жывёл

генерацыяй. Прыкладамі катамарфозаў з'яўляюцца: рэдукцыя нервовай сістэмы, органаў пачуццяў, руху і стрававання ў паразітычных чарвей; страта лістоў і каранёў у раслін-паразітаў і інш. Спрашчэнне арганізацыі ў паразітычных формаў суправаджаецца ўдасканаленнем рэпрадуктыўнай сістэмы. Гэта прыводзіць да іх росквіту, г. зн. да біялагічнага прагрэсу, які спалучаецца з морфафізіялагічным рэгрэсам.

А. М. Северцаў таксама адзначаў, што ў ходзе эвалюцыі назіраецца заканамерная змена шляхоў эвалюцыі (закон Северцава) (мал. 58, с. 144). Любая буйная сістэматычная група пачынае сваё развіццё па шляху арагенезу дзякуючы з'яўленню арамарфозаў. Гэта дазваляе ёй перайсці ў новае асяроддзе пражывання. Далей арганізмы рассяляюцца ў розныя месцапражыванні. На аснове арамарфозаў узнікаюць аламарфозы, і эвалюцыя працякае па шляху алагенезу. У выніку адбываецца поўнае засяленне новага асяроддзя і г. д. Северцаў разглядаў катагенез як прыватны выпадак пры арагенезе і алагенезе.

Асноўнымі напрамкамі эвалюцыі з'яўляюцца біялагічны прагрэс (росквіт таксанамічнай групы) і біялагічны рэгрэс (выміранне таксанамічнай групы). Біялагічны прагрэс можа дасягацца рознымі шляхамі: арагенезам, алагенезам і катагенезам.



Мал. 58. Схема заканамернай змены шляхоў эвалюцыі

1. Назавіце прыкметы біялагічнага прагрэсу і біялагічнага рэгрэсу. **2.** Чым адрозніваюцца паняцці «біялагічны прагрэс» і «морфафізіялагічны прагрэс»? **3.** Вызначце, якія з пералічаных тэрмінаў з'яўляюцца назвамі шляхоў эвалюцыі: катагенез, канвергенцыя, арагенез, біялагічны прагрэс, дывергенцыя, алагенез, біялагічны рэгрэс. Ахарактарызуйце гэтыя шляхі. **4.** Якія арамарфозы дазволілі раслінам выйсці на сушу? **5.** Дзякуючы якім аламарфозам млекакормячыя дастаткова поўна засялілі наземна-паветранае асяроддзе? **6.** Назавіце катамарфозы, якія дазваляюць арганізмам перайсці да паразітычнага спосабу жыцця. **7.** Вызначце, якія з пералічаных ніжэй прыстасаванняў жывёл да наземных умоў з'яўляюцца арамарфозамі, а якія — аламарфозамі: альвеалярныя лёгкія, крыло птушкі, канечнасць крата, чатырохкамернае сэрца, нага каня, унутранае апладненне. **8.** Выкарыстоўваючы веды сістэматыкі пазваночных жывёл, складзіце схему, якая адлюстроўвае заканамерную змену шляхоў іх эвалюцыі — закон Северцава.

§ 34. Спосабы ажыццяўлення эвалюцыйнага працэсу

Чаму роднасныя групы арганізмаў у прыродзе могуць мець істотныя марфалагічныя адрозненні, у той час як у нероднасных груп парой назіраецца падобная будова? Тлумачыцца гэта тым, што фарміраванне прыкмет у першых і другіх адбылося ў выніку розных спосабаў ажыццяўлення эвалюцыйнага працэсу — дывергенцыі і канвергенцыі.

Дывергенцыя як спосаб эвалюцыі. Як ужо адзначалася, калі паміж папуляцыямі аднаго віду ўзнікае ізаляцыя, то пад дзеяннем рознанакіраванага адбору

ў іх будуць замацоўвацца розныя прыкметы. Гэта значыць будзе адбывацца разыходжанне прыкмет — дывергенцыя. На ўзроўні мікраэвалюцыі дывергенцыя прыводзіць да відаўтварэння, на ўзроўні макраэвалюцыі — да ўтварэння новых надвідавых сістэматычных груп.

Дывергенцыя (ад лац. *divergo* — адхіляюся, адыходжу) — ***разыходжанне прыкмет у роднасных арганізмаў або іх груп, якія пражываюць у розных экалагічных умовах.***

Дарвін лічыў асноўнай прычынай дывергенцыі вострую ўнутрывідавую канкурэнцыю. Паводле сучасных уяўленняў, дывергенцыя ўзнікае ў выніку дзеяння рознанакіраванага натуральнага адбору пры наяўнасці ізаляцыі. Неабходнай умовай з'яўляецца адрозненне ўмоў асяроддзя асобін. Напрыклад, калі млекакормячыя пачалі рассяляцца на сушы, то ў канкрэтных умовах выжывалі і размнажаліся асобіны, якія мелі форму канечнасцей, найбольш спрыяльную для перамяшчэння ў гэтых умовах. Захаванне адборам любых карысных адхіленняў формы канечнасцей у шэрагу пакаленняў прывяло да фарміравання розных тыпаў канечнасцей у насельнікаў розных месцаў. Так, у крата, які жыве ў глебе, канечнасці капальнага тыпу. У выдры для перамяшчэння ў вадзе канечнасці плавальнага тыпу. Для шымпанзэ характэрны хапальныя канечнасці. У паўночнага аленя, які пераадольвае вялікія адлегласці ў пошуках корму, канечнасці бегальнага тыпу і г. д. Усе пералічаныя тыпы канечнасцей з'яўляюцца гамалагічнымі органамі, паколькі маюць падобны план будовы, а адрозненні, якія назіраюцца, з'яўляюцца фенатыпічнымі.

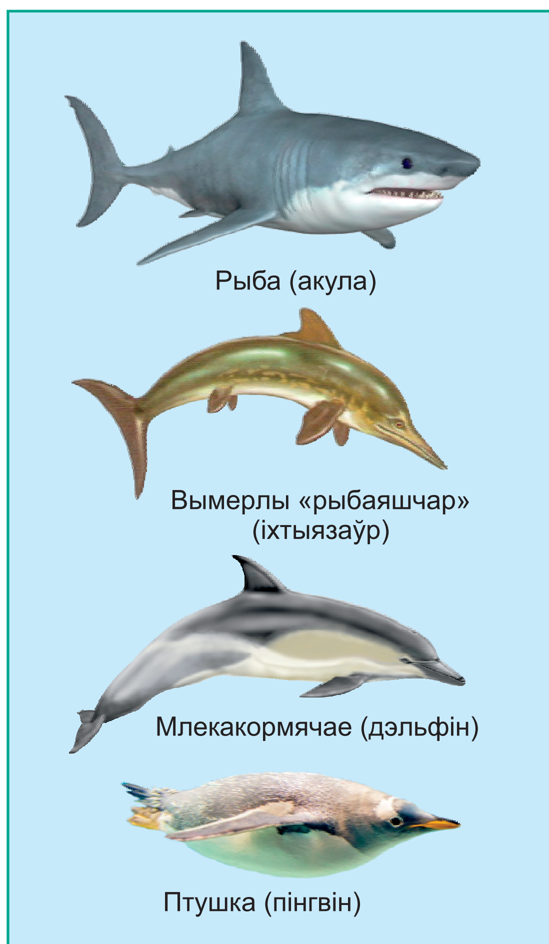
Гамалагічныя (ад грэч. *homólogos* — падобны) ***органы*** — органы, якія незалежна ад выконваемых функцый маюць агульны план будовы і развіваюцца з адных тых жа зачаткаў у ходзе эмбрыянальнага развіцця.

Такім чынам, дывергенцыя прыводзіць да з'яўлення адрозненняў у роднасных арганізмаў і фарміравання ў іх гамалагічных органаў.

Канвергенцыя як спосаб эвалюцыі. Калі папуляцыі, якія адносяцца да розных таксонаў, жывуць у адным і тым жа асяроддзі, то пад дзеяннем аднанакіраванага адбору ў іх будуць замацоўвацца падобныя прыкметы. Гэта значыць будзе адбывацца працэс фарміравання падобнага фенатыпічнага аблічча — канвергенцыя.

Канвергенцыя (ад лац. *convergo* — прыбліжаюся, зыходжуся) — ***незалежнае развіццё падобных прыкмет (сыходжанне прыкмет) у няроднасных арганізмаў або іх груп, якія жывуць у аднолькавым асяроддзі.***

Трэба адзначыць, што канвергенцыя закранае толькі органы або іх комплексы, але не арганізмы або віды ў цэлым. Фенатыпічнае падабенства назіраецца ў тых органаў, якія выконваюць аднолькавую функцыю і знаходзяцца пад уплывам адных і тых жа ўмоў асяроддзя. Гэта падабенства з'яўляецца толькі зне-



Мал. 59. Канвергенцыя паводле формы цела ў прадстаўнікоў розных класаў жывёл, якія пражываюць у вадзе

шнім і не датычыцца ўнутранай будовы органаў, якія маюць рознае паходжанне. Напрыклад, канвергентнае падабенства маюць форма цела акулы (першаснаводныя) і кіта (другаснаводныя), крыло матыля і крыло птушкі. Гэтыя органы з'яўляюцца аналагічнымі, паколькі выконваюць адну і тую ж функцыю і маюць знешняе падабенства.

Аналагічныя (ад грэч. *analogia* — адпаведнасць, падабенства) ***органы*** — органы, якія маюць рознае паходжанне і неаднолькавы план будовы, але выконваюць аднолькавыя функцыі і валодаюць знешнім падабенствам.

Падабенства можа назірацца ў групах жывёл, якія знаходзяцца на рознай адлегласці адна ад другой ў сістэматычных адносінах. Прыкладам канвергенцыі можна лічыць падабенства формы цела ў акул, іхтыязаўраў, дэльфінаў і пінгвінаў (мал. 59).

Значыць, канвергенцыя прыводзіць да з'яўлення фенатыпічнага падабенства ў няроднасных арганізмаў і фарміравання ў іх аналагічных органаў.

Фарміраванне марфалагічных асаблівасцей у розных груп арганізмаў можа адбывацца за кошт дывергенцыі і канвергенцыі. Дывергенцыя прыводзіць да фарміравання гамалагічных органаў у роднасных арганізмаў, якія пражываюць у розных экалагічных умовах. Канвергенцыя — працэс з'яўлення аналагічных органаў у няроднасных арганізмаў, якія пражываюць у аднолькавым асяроддзі.

1. Вызначце, якія з пералічаных тэрмінаў з'яўляюцца назвамі спосабаў эвалюцыі: катагенез, канвергенцыя, арагенез, біялагічны прагрэс, дывергенцыя, алагенез, біялагічны рэгрэс. **2.** Ахарактарызуйце механізм дывергенцыі. **3.** Назавіце органы млекакормячых, якія сфарміраваліся ў выніку дывергенцыі. **4.** Прывядзіце прыклады канвергенцыі ў розных сістэматычных груп. **5.** Вызначце адпаведнасць паміж відамі млекакормячых і тыпамі іх канечнасцей. *Млекакормячыя*: 1. Выдра. 2. Крот. 3. Паўночны алень. 4. Шымпанзэ. 5. Крыжанка. 6. Мядзведка. *Тыпы канечнасцей*: а) бегальныя; б) хапальныя; в) капальныя; г) плавальныя. **6.** Чаму дывергенцыя на ўзроўні мікраэвалюцыі носіць абарачальны характар, а на ўзроўні макраэвалюцыі яна неабарачальная? Дайце аргументаваны адказ. Прывядзіце прыклады.

§ 35. Макраэвалюцыя. Асноўныя доказы эвалюцыі

Згодна з сінтэтычнай тэорыяй эвалюцыі, эвалюцыйны працэс, які адбываецца ў прыродзе, падзяляецца на два этапы: мікраэвалюцыю і макраэвалюцыю.

Макраэвалюцыя ўключае працэсы, якія вядуць да з'яўлення сістэматычных адзінак, буйнейшых за від. Вывучаючы макраэвалюцыю, сучаснае прыродазнаўства назапасіла шэраг навуковых фактаў, якія даказваюць эвалюцыю арганічнага свету. Доказам эвалюцыі можа лічыцца любы навуковы факт, які даказвае хаця б адно з наступных палажэнняў.

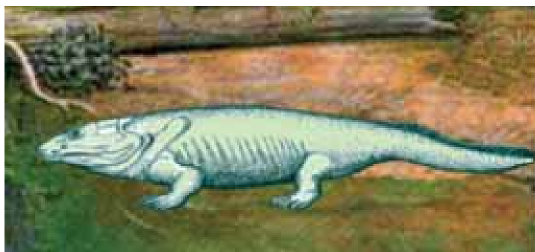
1. *Адзінства паходжання жыцця* (наяўнасць агульных прыкмет ва ўсіх жывых арганізмаў).

2. *Роднасныя сувязі паміж сучаснымі і вымерлымі арганізмамі або паміж арганізмамі ў буйной сістэматычнай групе* (наяўнасць агульных прыкмет у сучасных і вымерлых арганізмаў або ва ўсіх арганізмаў у сістэматычнай групе).

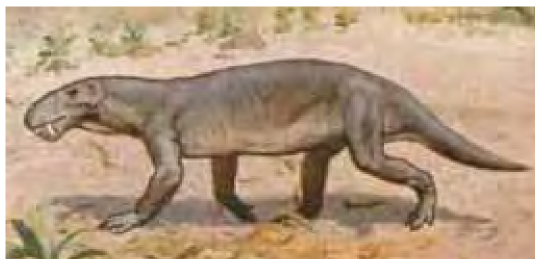
3. *Дзеянне рухаючых сіл эвалюцыі* (факты, якія пацвярджаюць дзеянне натуральнага адбору).

Доказы эвалюцыі, назапашаныя ў рамках пэўнай навукі, складаюць адну групу доказаў і называюцца па назве дадзенай навукі. Разгледзім палеанталагічныя, эмбрыялагічныя, параўнальна-анатамічныя і малекулярна-генетычныя прыклады доказаў эвалюцыі.

Палеанталагічныя доказы эвалюцыі. Палеанталогія — навука аб выкапнёвых рэштках вымерлых арганізмаў. Заснавальнікам эвалюцыйнай палеанталогіі лічыцца рускі вучоны У. А. Кавалеўскі. Да доказаў эвалюцыі можна аднесці выкапнёвыя пераходныя формы і філагенетычныя рады сучасных відаў.



Іхтыястэга



Звераяшчар

Археаптэрыкс

Мал. 60. Выкапнёвыя пераходныя формы ў жывёл

Выкапнёвыя пераходныя формы — гэта вымерлыя арганізмы, якія спалучаюць у сабе прыкметы больш старажытных і эвалюцыйна больш маладых груп. Яны дазваляюць выявіць роднасныя сувязі, якія даказваюць гістарычнае развіццё жыцця. Такія формы выяўлены як сярод жывёл, так і сярод раслін. Пераходнай формай ад кісцяпёрых рыб да старажытных земнаводных — стэгацэфалаў — з'яўляецца *іхтыястэга* (мал. 60). Эвалюцыйную сувязь паміж паўзунамі і птушкамі дазваляе ўстанавіць *першаптушка* (*археаптэрыкс*). Сувязным звяном паміж паўзунамі і млекакормячымі з'яўляецца *звераяшчар* з групы тэрапсідаў. Сярод раслін пераходнай формай ад водарасцей да вышэйшых споравых з'яўляюцца *псілафіты* (першыя наземныя расліны). Паходжанне голанасенных ад папарацепадобных даказваюць *насенныя папараці*, а пакрытанасенных ад голанасенных — *сагоўнікавыя* (мал. 61).

Філагенетычныя (ад грэч. *phýlon* — род, племя, *génesis* — паходжанне) ***рады*** — паслядоўнасці выкапнёвых формаў, якія адлюстроўваюць гістарычнае развіццё сучасных відаў (*філагенез*). У цяперашні час такія рады вядомы не толькі для пазваночных, але і для некаторых груп беспазваночных жывёл. Рускі палеантолаг У. А. Кавалеўскі ўстанавіў філагенетычны рад сучаснага каня (мал. 62).

Мал. 61. Пераходныя формы ў раслін

Мал. 62. Філагенетычны рад сучаснага каня

Эмбрыялагічныя доказы эвалюцыі. Эмбрыялогія — навука, якая вывучае зародкавае развіццё арганізмаў. У рамках дадзенай навукі былі сфармуляваны закон зародкавага падабенства (К. Бэр) і біягенетычны закон (Э. Гекель, Ф. Мюлер), якія даказваюць эвалюцыю.

Параўноўваючы зародкавыя стадыі прадстаўнікоў розных класаў пазваночных жывёл, натураліст К. Бэр у пачатку XIX ст. сфармуляваў ***закон зародкавага падабенства: чым больш раннія стадыі індывідуальнага развіцця даследуюцца, тым больш падабенства выяўляецца паміж рознымі арганізмамі*** (мал. 63, с. 150). Гэты закон даказвае роднасныя сувязі паміж арганізмамі ў буйной сістэматычнай групе.

У другой палове XIX ст. вучоныя Э. Гекель і Ф. Мюлер вызначылі наяўнасць сувязі паміж індывідуальным развіццём асобін (антагенезам) і гістарычным раз-

Мал. 63. Падабенства зародкавых стадый у розных таксанамічных груп млекакормячых

віццём відаў (філагенезам). Яны сфармулявалі ***біягенетычны закон: антагенез — гэта кароткі паўтор філагенезу***.

Пазней біягенетычны закон быў дапоўнены А. М. Северцавым і І. І. Шмальгаўзенам. Яны паказалі, што ў антагенезе паўтараюцца не дарослыя формы продкаў, а іх зародкавыя стадыі, прычым некаторыя з іх могуць выпадаць. Напрыклад, у чалавека зародак мае жаберныя шчыліны, падобныя з такімі ў зародка рыбы, а не ў дарослай асобіны.

Біягенетычны закон даказвае наяўнасць роднасных сувязей паміж сучаснымі арганізмамі і іх продкамі.

Параўнальна-анатамічныя доказы эвалюцыі. Параўнальная анатомія вывучае будову арганізмаў розных сістэматычных груп у параўнальным плане. Да доказаў эвалюцыі, вызначаных дадзенай навукай, адносяцца: гамалагічныя і аналагічныя органы, рудыменты, атавізмы.

Гамалагічныя органы фарміруюцца з аднолькавых эмбрыянальных зачаткаў (на адной генетычнай аснове) і займаюць на целе арганізмаў аднолькавае становішча. Напрыклад, пярэднія канечнасці ў розных пазваночных жывёл могуць істотна адрозніваццa ў залежнасці ад выконваемай функцыі, але ўсе яны маюць падобную будову (мал. 64).

Пары гамалагічных органаў у жывёл складаюць: плавальны пузыр рыб і лёгкія наземных пазваночных; ядавітыя залозы змей і слюнныя залозы іншых арганізмаў; зубы млекакормячых і луска акул; джала пчалы і яйцаклад іншых насякомых.

Гамалагічнымі органамі ў раслін з'яўляюцца: калючкі кактуса і барбарыса, вусікі гароху, лоўчыя гарлачыкі насякомаедных раслін, пупышкавая луска, плевачныя рэдукаваныя лісты хвашча. Усе гэтыя органы з'яўляюцца лістамі паводле паходжання, але выконваюць розныя функцыі.

Гамалагічныя органы дазваляюць вызначыць роднасныя сувязі паміж арганізмамі і даказваюць дзеянне рознанакіраванага натуральнага адбору.

Мал. 64. Гамалагічныя органы ў пазваночных жывёл

Аналагічныя органы фарміруюцца з розных эмбрыянальных зачаткаў (на рознай генетычнай аснове) і займаюць на целе і ўнутры цела арганізмаў неаднолькавае становішча. Напрыклад, розныя паводле паходжання калюч-

Мал. 65. Аналагічныя органы (калючкі) у раслін

кі ў раслін (мал. 65). У жывёл да аналагічных органаў адносяцца: жабры апалонікаў, рыб, марскіх кольчатых чарвей, лічынак стракоз; біўні маржа і слана; крылы птушкі і матыля; канечнасці крата і мядзведкі (мал. 66).

Мал. 66. Аналагічныя органы ў жывёл

Аналагічныя органы не дазваляюць вызначыць роднасныя сувязі паміж арганізмамі, але даказваюць дзеянне аднанакіраванага натуральнага адбору.

Рудыменты (ад лац. *rudimentum* — зачатак) — недаразвітыя органы сучасных арганізмаў, якія былі добра развіты ў іх продкаў. Яны паступова страцілі сваё значэнне і зараз знаходзяцца на стадыі знікнення. Рудыменты захоўваюцца на працягу ўсяго жыцця ва ўсіх асобін дадзенага віду. Прыкладамі рудыментаў з'яўляюцца: недаразвітыя вочы ў пячорных відаў

жывёл і кратоў, зачаткі крылаў у птушкі ківі, рэдукаваныя зубы ў мурашкаедаў, зачаткі задніх канечнасцей у кітоў і дэльфінаў, заднія пары крылаў у мух (жужальцы), зачаткі тазавых касцей у змей. У чалавека да рудыментаў адносяцца: апендыкс, мышцы вушной ракавіны, трэцяе павека, хвасцец (гл. мал. 72 на с. 164).

Рудыменты пацвярджаюць наяўнасць роднасных сувязей паміж сучаснымі і вымерлымі арганізмамі. Яны таксама даказваюць дзеянне натуральнага адбору, які выдаляе непатрэбную прыкмету.

Атавізмы (ад лац. *atavus* — продак) — прыкметы аддаленых продкаў, якія з'яўляюцца ў некаторых сучасных арганізмаў як адхіленне ад нормы. Яны былі страчаны ў працэсе эвалюцыі. Узнікненне атавізмаў даказвае, што ў генатыпах сучасных арганізмаў захаваліся гены продкаў, якія адказваюць за гэтыя прыкметы. Але дзеянне гэтых генаў заблакіравана. У выпадках, калі блакіраванне здымаецца, праяўляецца прыкмета продкаў. У адрозненне ад рудыментаў атавізмы прысутнічаюць толькі ў некаторых асобін. Да атавізмаў адносяцца: выражанае валасяное покрыва на ўсім целе (гл. мал. 73 на с. 164), развіты хвост і дадатковыя пары малочных залоз у чалавека, трохпальцыя канечнасці ў каня. Атавізмы даказваюць роднасныя сувязі паміж сучаснымі і вымерлымі арганізмамі.

Малекулярна-генетычныя доказы эвалюцыі. Малекулярная біялогія — навука, якая вывучае працэсы жыццядзейнасці арганізмаў на малекулярным узроўні. Генетыка вывучае заканамернасці спадчыннасці і зменлівасці арганізмаў. У межах гэтых навук было даказана, што ва ўсіх арганізмаў спадчынная інфармацыя захоўваецца ў ДНК, якая складаецца з чатырох тыпаў нуклеатыдаў. Гэта інфармацыя зашыфравана з дапамогай універсальнага трыплетнага кода. Як вы ўжо ведаеце, ДНК уваходзіць у састаў храмасом, колькасць якіх з'яўляецца відавой характарыстыкай. Расшыфроўка спадчыннай інфармацыі ва ўсіх арганізмаў адбываецца ў працэсе транскрыпцыі і трансляцыі з удзелам іРНК і тРНК. Усе гэтыя факты даказваюць адзінства паходжання жыцця і, такім чынам, з'яўляюцца доказам эвалюцыі.

Доказы эвалюцыі назапашаны ў галіне розных навук. Палеанталогія выявіла наяўнасць выкапнёвых пераходных формаў і філагенетычныя рады сучасных відаў. У эмбрыялогіі былі адкрыты закон зародкавага падабенства і біягенетычны закон. Да параўнальна-анатамічных доказаў эвалюцыі адносяцца: гамалагічныя і аналагічныя органы, рудыменты і атавізмы. У рамках малекулярнай біялогіі і генетыкі атрыманы доказы адзінства паходжання жыцця.

1. Растлумачце, чаму выкапнёвыя пераходныя формы і філагенетычныя рады можна лічыць доказамі эвалюцыі. **2.** Якія доказы эвалюцыі мае эмбрыялогія? **3.** Назавіце малекулярна-генетычныя доказы адзінства паходжання жыцця. **4.** Выберыце з прапанаванага пераліку аналагічныя органы жывёл: жабры апалонікаў, плавальны пузыр рыб, жабры рыб, лёгкія птушак, жабры лічынак стракоз. **5.** Вызначце, якія з пералічаных ніжэй органаў раслін з'яўляюцца гамалагічнымі, а якія — аналагічнымі: калючкі барбарыса, калючкі ажын, вусікі гароху, калючкі рабініі (белай акацыі), пупышкавая луска. **6.** Растлумачце механізм утварэння рудыментаў і з'яўлення атавізмаў. У чым заключаецца адрозненне паміж імі? Чаму рудыменты і атавізмы лічаць доказамі эвалюцыі?

§ 36. Класіфікацыя арганізмаў. Прынцыпы сістэматыкі. Сучасная біялагічная сістэма

Класіфікацыя арганізмаў. Дзякуючы эвалюцыі сучасны арганічны свет разнастайны і ўнікальны. Вучоныя мяркуюць, што сёння на нашай планеце пражывае звыш 10 млн відаў жывых арганізмаў. Таму вельмі важнай з'яўляецца задача класіфікаваць вядомыя віды па групах у пэўнай паслядоўнасці і сістэме. Гэта ў выніку дазволіць вызначыць для кожнага арганізма сваё месца ў свеце жывой прыроды.

Неабходнасць класіфікацыі жывых арганізмаў разумелі яшчэ вучоныя Старажытнай Грэцыі. Аднак прапанаваныя класіфікацыі таго часу грунтаваліся толькі на нешматлікіх прыкметах. Яны датычыліся пераважна знешняй і ўнутранай будовы арганізмаў і практычна не ўлічвалі роднасныя сувязі паміж імі. Эвалюцыйная тэорыя Ч. Дарвіна залажыла аснову для стварэння сучаснай класіфікацыі.

Класіфікацыя арганізмаў — умоўнае размеркаванне ўсёй сукупнасці жывых істот па іерархічна падпарадкаваных групах у адпаведнасці з якімі-небудзь агульнымі прыкметамі.

Сёння класіфікацыяй свету жывой прыроды займаецца *сістэматыка* — навука аб разнастайнасці відаў і роднасных сувязей паміж арганізмамі. У сучаснай сістэматыцы пры прысваенні любому арганізму таго або іншага рангу асноўваюцца на радзе прыкмет. Напрыклад, на асаблівасцях паходжання і гістарычнага развіцця, марфалагічнай і анатамічнай будовы, размнажэння, эмбрыянальнага развіцця. Таксама ўлічваюцца фізіялагічныя і біяхімічныя асаблівасці, тып запасных пажыўных рэчываў, хімічны састаў клетак, колькасць і састаў храмасом і інш.

Прынцыпы сістэматыкі. Вы ўжо ведаеце, што першую навуковую сістэму жывой прыроды стварыў у сярэдзіне XVIII ст. шведскі вучоны-прыродазнавец Карл Ліней. У аснову дадзенай сістэмы аўтар паклаў два асноўныя прынцыпы:

бінарнай наменклатуры і іерархічнасці (супадпарадкаванасці). Гэтыя прынцыпы актуальны і ў цяперашні час. Паводле ***бінарнай наменклатуры*** кожны від у сваёй назве мае два словы: назоўнік і прыметнік. Назоўнік азначае назву роду, да якога адносіцца від, а прыметнік — відавы эпітэт. Напрыклад, кошка лясная (*Felis silvestris*), яблыня дамашняя (*Malus domestica*).

Паводле сучасных правілаў пасля відавога эпітэта звычайна ставяць прозвішча вучонага, які ўпершыню апісаў гэты від. Напрыклад, улітка вінаградная Лінея (*Helix pomatia* Linnaeus або *Helix pomatia* L.).

Падобна таму як у вучэбным дапаможніку вывучаемыя пытанні аб'ядноўваюцца ў параграфы, параграфы — у раздзелы, адбываецца аб'яднанне арганізмаў у сістэматычныя таксоны. У сістэматыцы гэта называюць прынцыпам ***іерархічнасці (супадпарадкаванасці)***. Усяго вылучаюць сем найбольш распаўсюджаных сістэматычных таксонаў (табл. 7). Так, *віды* жывёл аб'ядноўваюць у *роды*, *роды* — у *сямейства*, *сямейства* — у *атрады*, *атрады* — у *класы*, *класы* — у *тыпы*, *тыпы* — у *царствы*. Варта памятаць, што пры класіфікацыі бактэрый, грыбоў і раслін замест таксона *атрад* выкарыстоўваюць *парадак*, а замест таксона *тып* — *аддзел*.

Табліца 7. **Прыклады класіфікацыі**

Таксоны	Жывёла	Таксоны	Расліна
Від	Жаба травяная *Rana temporaria* L.	Від	Канюшына паўзучая *Trifolium repens* L.
Род	Жаба *Rana*	Род	Канюшына *Trifolium*
Сямейства	Жабіныя *Ranidae*	Сямейства	Бабовыя *Fabaceae*
Атрад	Бясхвостыя *Anura*	Парадак	Бабовакветкавыя *Fabales*
Клас	Земнаводныя *Amphibia*	Клас	Двухдольныя *Magnoliopsida*
Тып	Хордавыя *Chordata*	Аддзел	Пакрытанасенныя *Magnoliophyta*
Царства	Жывёлы *Animalia*	Царства	Расліны *Plantae*

Часам у сістэматыцы выкарыстоўваюцца такія катэгорыі, як надцарства і імперыя. Вылучаюць два надцарствы — эўкарыёты (ядзерныя) і пракарыёты (даядзерныя), якія ўключаюцца ў імперыю клетачных арганізмаў. Другая імперыя прадстаўлена няклетачнымі формамі жыцця — вірусамі.

Біялагічная сістэма. У цяперашні час найбольшае распаўсюджанне атрымала біялагічная сістэма, якая падзяляе ўсе жывыя арганізмы на пяць царстваў: Бактэрыі, Пратысты, Грыбы, Расліны і Жывёлы. У той жа час нельга правесці рэзкую грань паміж асобнымі царствамі толькі па некалькіх прыкметах. Напрыклад, для прадстаўнікоў царстваў Грыбы і Расліны характэрны падобныя прыкметы. Гэта нерухомы спосаб жыцця, аэробнае дыханне, наяўнасць клетачнай сценкі, аднолькавая будова генетычнага апарату і большасці клетачных арганоідаў і інш. У той жа час у іх ёсць шэраг істотных адрозненняў. Напрыклад, фотасінтэз у раслін.

Толькі глыбокі аналіз сукупнасці прыкмет, заснаваны на іх паходжанні, заканамернасцях будовы і жыццядзейнасці, а таксама на дэтальным вывучэнні філагенетычных сувязей паміж рознымі групамі арганізмаў дазваляе аднесці від або больш буйны таксон да таго або іншага царства.

Класіфікацыяй свету жывой прыроды займаецца сістэматыка — навука аб шматграннасці арганізмаў і роднасных сувязей паміж імі. Асноватворныя прынцыпы сістэматыкі — бінарная наменклатура і іерархічнасць. У цяперашні час усе жывыя арганізмы падзяляюцца на пяць царстваў: Бактэрыі, Пратысты, Грыбы, Расліны і Жывёлы.

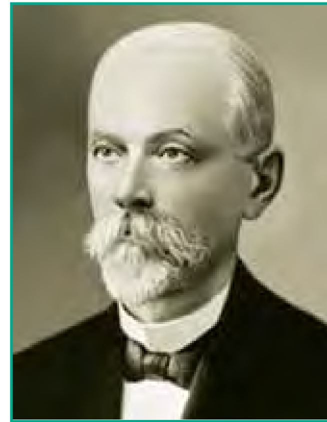
1. У чым заключаецца неабходнасць стварэння сістэмы класіфікацыі жывых арганізмаў? **2.** Ахарактарызуйце асноўныя прынцыпы пабудовы сістэматыкі жывых арганізмаў. **3.** Якія асноўныя сістэматычныя таксоны вам вядомы? У адказе выкарыстайце класіфікацыю яблыні дамашняй і бусла белага. **4.** Якія царствы і надцарствы вылучаюцца ў жывой прыродзе ў цяперашні час? На аснове якіх прыкмет? **5.** Вызначце агульныя і адметныя прыкметы паміж мухаморам чырвоным і расіцай круглалістай. Дакажыце, што яны адносяцца да розных царстваў. Адказ афарміце ў выглядзе табліцы.

§ 37. Вірусы

Будова вірусаў. ***Вірусы*** (ад лац. *virus* — яд) у адрозненне ад усіх іншых арганізмаў не маюць клетачнай будовы. Яны здольны жыць і размнажацца выключна ў клетках іншых арганізмаў і за іх межамі жыццядзейнасці не праяўляюць. Такім чынам, вірусы можна разглядаць як няклетачную форму жыцця. Вірусы былі адкрыты рускім вучоным Д. І. Іваноўскім у 1892 г. пры вывучэнні прычын мазаічнай хваробы лістоў тытуню. Таму першы вядомы вірус быў названы вірусам тытунёвай мазаікі (мал. 67).

Знаходзячыся ў клетцы-гаспадары, вірус уяўляе сабой малекулу нуклеінавай кіслаты (ДНК або РНК). Выходзячы з гэтага, вірусы дзеляць на ДНК- і РНК-

Д. І. Іваноўскі (1864—1920) — рускі фізіёлаг раслін і мікрабіёлаг, адзін з заснавальнікаў вірусалогіі



утрымальнікі. У свабодным становішчы цалкам сфарміраваная вірусная часціца, здольная інфіцыраваць клетку-гаспадара, знаходзіцца ў форме *вірыёна*. Вірыён, акрамя нуклеінавай кіслаты, мае ахоўную бялковую абалонку (*капсід*). У некаторых вірусаў, такіх як вірусы герпесу або грыпу, прысутнічае яшчэ і дадатковая ліпапратэідная абалонка (*суперкапсід*). Суперкапсід фарміруецца з цытаплазматычнай мембраны клеткі-гаспадара. Памеры вірусаў вагаюцца ад 20 да 500 нм. Большасць вірусаў мае крышталічную форму (мал. 68).

Пашкоджаная расліна тытуню

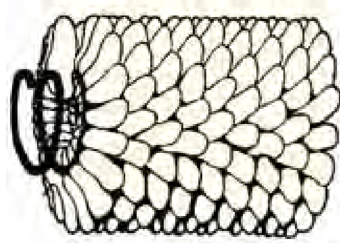
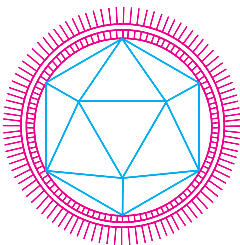
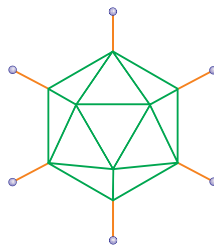


Схема будовы віруса

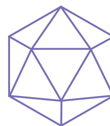
Мал. 67. Вірус тытунёвай мазаікі



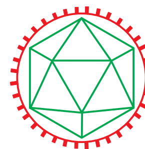
Вірус герпесу



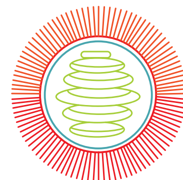
Адэнавірус



Папававірус



Каронавірус



Вірус грыпу

Мал. 68. Вірусы

Пранікненне вірусаў у клетку-гаспадара. Як ужо адзначалася, вірусы здольны размнажацца, толькі пранікнуўшы ў клеткі бактэрый, раслін і жывёл. Пры гэтым яны выкарыстоўваюць біясінтэтычную і энергетычную сістэмы клеткі-гаспадара. Важнай умовай для пранікнення віруснай часціцы ў клетку з'яўляецца наяўнасць на паверхні клеткі спецыфічнага бялку-рэцэптара. Гэты бялок-рэцэптар забяспечвае далучэнне віруса да клетачнай мембраны. У сваю чаргу спецыфічныя бялкі, якія ўваходзяць у састаў бялковай абалонкі віруса (капсіда), таксама выконваюць рэцэпторную ролю. Яны распазнаюць спецыфічныя структуры на паверхні клеткі-гаспадара. Калі распазнаванне адбылося паспяхова, вірусная часціца звязваецца з рэцэптарамі клеткі-мішэні сродкамі хімічных сувязей. Таму пэўныя вірусы небяспечны для адных арганізмаў і абсалютна бясшкодны для другіх. Такі працэс рэцэпторнага ўзаемадзеяння віруса з клеткай-гаспадаром называецца *абсорбцыяй віруса*.

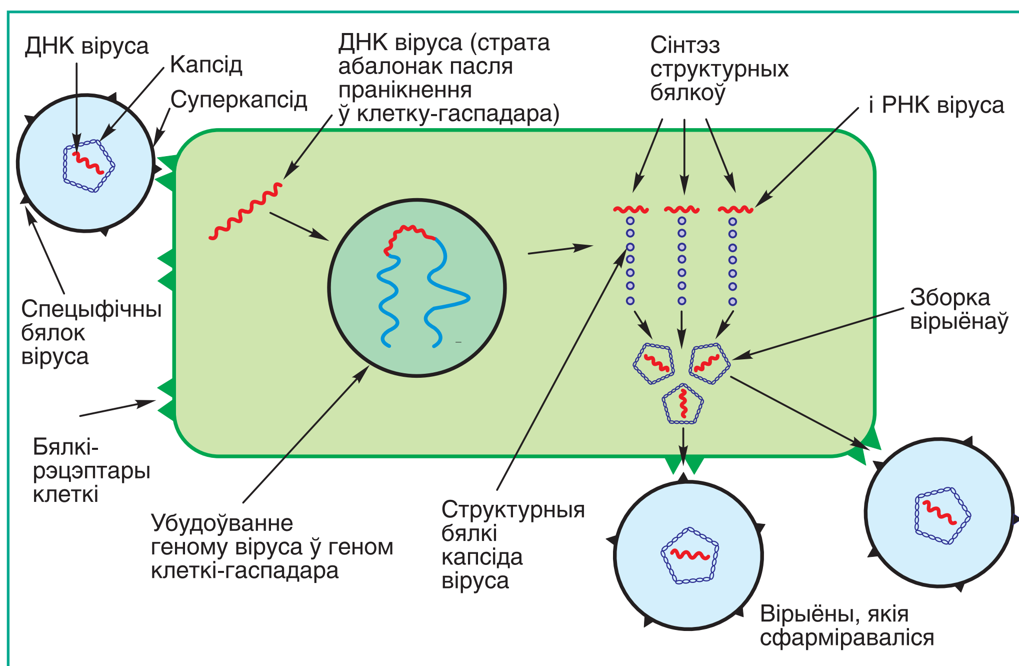
Далей адбываецца зліццё віруснай абалонкі з клетачнай мембранай, і генетычны матэрыял віруса пранікае ўнутр клеткі-гаспадара. Трапіўшы ў клетку, вірус губляе бялковую абалонку. Генетычны матэрыял (геном) віруса, прадстаўлены ДНК або РНК, змяшчае ад некалькіх генаў у простых да трохсот генаў у складаных вірусаў. Гены віруснага геному здольны кадзіраваць бялкі з рознымі функцыямі, напрыклад структурныя бялкі, бялкі-ферменты. Генетычны матэрыял віруса вельмі актыўны і пасля пранікнення ў клетку дастаткова хутка ўбудоўваецца ў яе геном.

Пасля гэтага вірус пераходзіць у фазу *правіруса* (латэнтную фазу). Фаза правіруса — гэта стан, калі клетка-гаспадар заражана, а размнажэнне віруса і якія-небудзь бачныя пашкоджанні ў клетцы адсутнічаюць. Латэнтная фаза доўжыцца ад некалькіх гадзін (у віруса грыпу) да некалькіх гадоў (у віруса імунадэфіцыту чалавека). Следам за латэнтнай фазай ідзе фаза бачных праяўленняў захворвання. Яна звязана з актывацыяй віруснага генетычнага матэрыялу і пачаткам размнажэння віруса, што прыводзіць да гібелі клеткі.

Размнажэнне вірусаў. Вірус сінтэзуе ўласныя бялкі і нуклеінавыя кіслоты за кошт рэсурсаў заражанай клеткі. У ДНК-утрымальнікаў вірусаў адным з першых сінтэзуецца фермент РНК-полімераза, якая будуе на нітцы ДНК віруса іРНК. Дадзеная іРНК трапляе на рыбасомы клеткі-гаспадара, дзе і адбываецца біясінтэз іншых бялкоў віруснай часціцы.

На наступным этапе ў цытаплазме клеткі-гаспадара адбываецца аб'яднанне зноў сінтэзаваных бялкоў і нуклеінавай кіслаты віруса. Пры гэтым утвараюцца новыя вірусныя часціцы — *вірыёны*. Яны разрываюць цытаплазматычную мембрану, трапляюць у міжклетачную прастору або кроў і заражаюць іншыя клеткі (мал. 69).

Многія вірусы РНК-утрымальнікі сінтэзуюць фермент полімеразу, якая ўдзельнічае ў сінтэзе новых часціц віруснай РНК. Гэта РНК пераходзіць на ры-



69. Схема размнажэння віруса герпесу

басомы і кантралюе сінтэз бялкоў віруснай абалонкі — капсіда. Як бачна, такім вірусам для размнажэння і передачы генетычнай інфармацыі ДНК не патрабуецца.

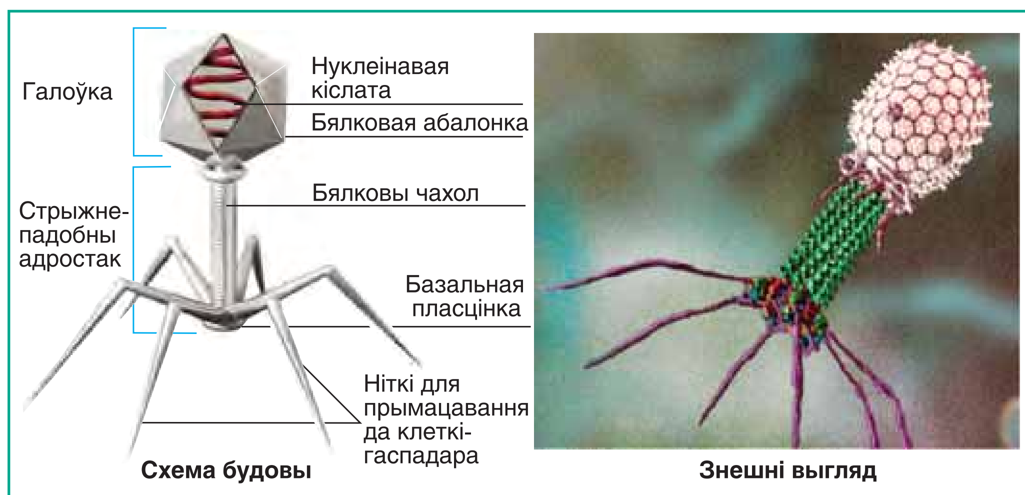
Пранікаючы ў клеткі жывых арганізмаў, вірусы з'яўляюцца прычынай шэрага захворванняў раслін, жывёл і чалавека. Пашкоджваючы сельскагаспадарчыя расліны, вірусы істотна зніжаюць іх ураджай і пагаршаюць яго якасць. Прыкладамі вірусных захворванняў раслін з'яўляюцца мазаічная хвароба тытуню, жаўтуха бульбы, якая праяўляецца скручваннем лістоў і карлікавасцю раслін. Сярод небяспечных вірусных захворванняў жывёл і чалавека можна адзначыць ветраную воспу, поліяміэліт, шаленства, вірусны гепатыт, грып, СНІД.

Многія вірусы, да якіх адчувальны чалавек, не пашкоджваюць жывёл і наадварот. Напрыклад, некаторыя жывёлы могуць быць пераносчыкамі вірусаў чалавека і пры гэтым самі не хварэюць. Так, птушкі пераносяць розныя формы віруса грыпу, да якіх адчувальны чалавек.

Віроіды. Бактэрыяфагі. Вірулентныя і ўмераныя фагі. ***Віроіды*** (ад лац. *virus* — яд, ад грэч. *éidos* — форма, від) — інфекцыйныя агенты, якія ўяўляюць сабой нізкамалекулярную кальцавую адналанцуговую малекулу РНК, якая не ка-

дзіруе ўласныя бялкі. Галоўным адрозненнем віроідаў ад вірусаў з'яўляецца адсутнасць у іх капсіда. Віроіды, як і вірусы, здольны выклікаць захворванні жывёл і раслін. Яны з'яўляюцца драбнейшымі з вядомых узбуджальнікаў захворванняў. Адналанцуговыя малекулы РНК віроідаў намнога меншыя за вірусныя геномы. РНК віроідаў складаецца ў сярэднім з 300 нуклеатыдаў. Для параўнання: геном самага малога з вядомых вірусаў налічвае каля 2000 нуклеатыдаў. На сённяшні дзень найбольш вывучаны віроіды раслін (выклікаюць дэфармацыю клубняў, карлікавасць і інш.).

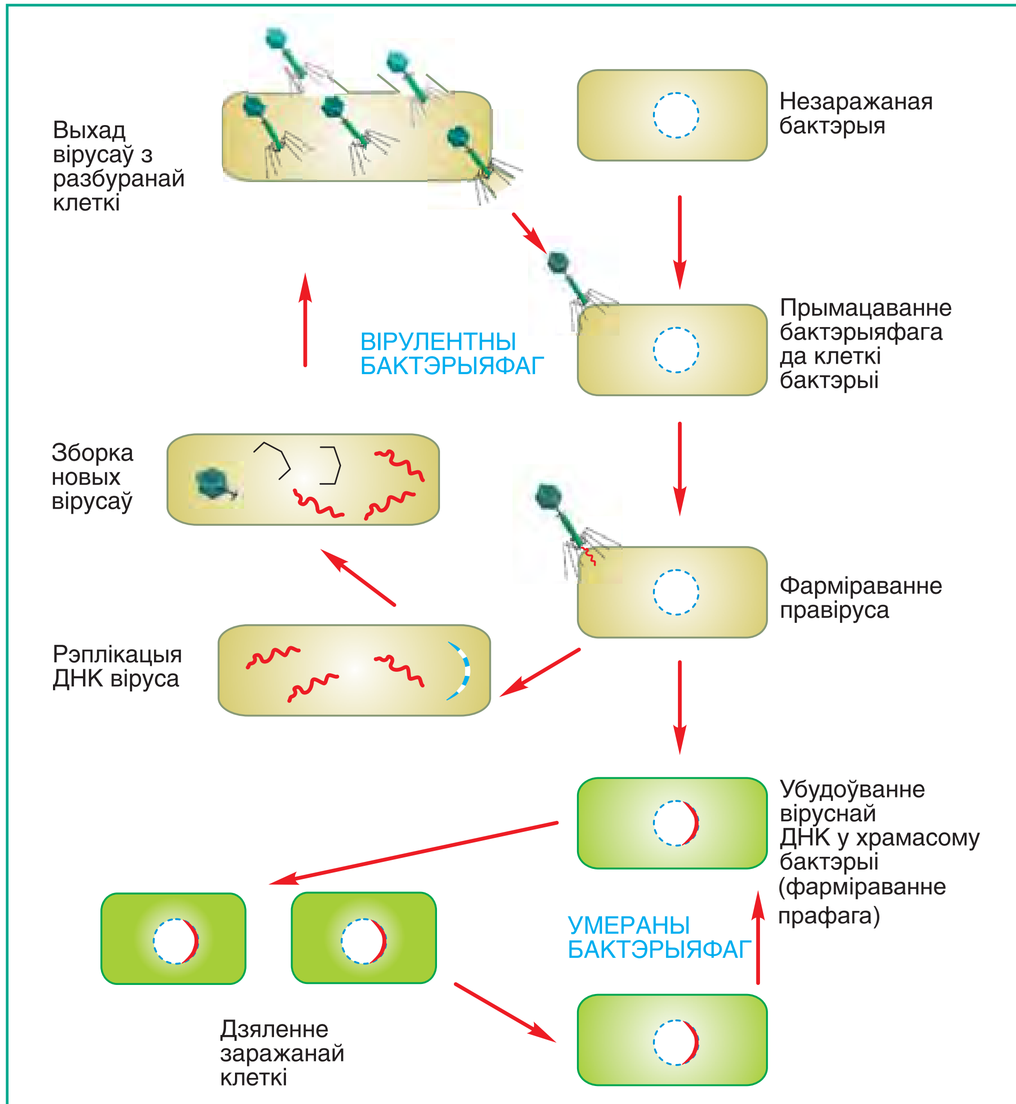
Бактэрыяфагі, або ***фагі***, — група вірусаў, якія пашкоджваюць бактэрыяльныя клеткі. Фагавая часціца (вірыён) складаецца з галоўкі і хваста (адростка). Унутраную частку галоўкі фага складае ДНК або РНК, якая ўяўляе сабой шчыльна скручаную нітку (мал. 70). Нуклеінавая кіслата акружана бялковай абалонкай (капсід), якая ахоўвае геном бактэрыяфага па-за клеткай. Хвост уяўляе сабой бялковую трубку, якая з'яўляецца працягам бялковай абалонкі галоўкі фага. Бялкі, якія ўваходзяць у састаў абалонкі хваста, валодаюць скарачальнымі ўласцівасцямі. У ніжняй частцы хваста размяшчаецца базальная пласцінка з выступамі рознай формы. Ад яе адыходзяць тонкія доўгія ніткі, якія прызначаны для прымацавання фага да бактэрыі. Пры кантакце ферменты, якія лакалізуюцца на канцы хваста, лакальна раствараюць сценку бактэрыяльнай клеткі. Далей хвост скарачаецца, і праз яго змешчаная ў галоўцы фага нуклеінавая кіслата пранікае ў клетку бактэрыі. Пры гэтым бялковая абалонка фага застаецца звонку. Бак-



Мал. 70. Бактэрыяфаг кішэчнай палачкі

тэрыяфагі валодаюць спецыфічнымі антыгеннымі ўласцівасцямі, якія адрозніваюцца ад антыгенаў паражаемай бактэрыяльнай клеткі і іншых фагаў.

Вірулентныя фагі — бактэрыяфагі, якія ў выніку жыццёвага цыкла ўтвараюць у заражаных клетках бактэрый новыя фагавыя часціцы і прыводзяць бактэрыі да гібелі (мал. 71).



Мал. 71. Жыццёвыя цыклы вірулентнага і ўмеранага бактэрыяфагаў

Умераныя фагі — бактэрыяфагі, якія пасля пранікнення ў бактэрыяльную клетку не прыводзяць да яе гібелі. Пры гэтым іх нуклеінавая кіслата ўбудоўваецца ў генетычны матэрыял клеткі-гаспадара, утвараючы з ім адзіную малекулу. Такая форма фага называецца прафагам (гл. мал. 71). Далей пры размнажэнні бактэрыі прафаг рэплікуецца сумесна з яе геномам. Пры гэтым разбурэння бактэрыяльнай клеткі не адбываецца, а спадчынны матэрыял віруса перадаецца ад бактэрыі да бактэрыі неабмежаваную колькасць пакаленняў.

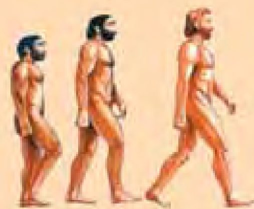
У цяперашні час адным з самых небяспечных вірусных захворванняў чалавека з'яўляецца СНІД (сіндром набытага імунадэфіцыту). Вірус паражае пераважна імунную сістэму, у выніку гэтага чалавек становіцца безабаронным перад мікраарганізмамі, якія ў звычайных умовах для яго не патагенныя. Гэта прыводзіць да хутка прагрэсіруючага развіцця інфекцыйных захворванняў, злаякасных наваўтварэнняў і гібелі. Асноўнымі шляхамі заражэння вірусам імунадэфіцыту чалавека (ВІЧ) і распаўсюджвання хваробы з'яўляюцца бязладныя палавыя сувязі і выкарыстанне наркаманамі нестэрыльных медыцынскіх інструментаў.

Побач з мнагаклетачнымі і аднаклетачнымі арганізмамі ў прыродзе ёсць і няклетачныя формы жыцця — вірусы. Вірусы складаюцца з генетычнага матэрыялу (ДНК або РНК), які акружаны ахоўнай бялковай абалонкай — капсідам. Вірусы здольны размнажацца толькі ў клетках іншых арганізмаў. Бактэрыяфагі — група вірусаў, якія паражаюць бактэрыяльныя клеткі. Па тыпе жыццёвага цыкла бактэрыяфагі падзяляюцца на вірулентныя і ўмераныя. Вірусы з'яўляюцца прычынай шэрага небяспечных захворванняў раслін, жывёл і чалавека.

1. Растлумачце, чаму вірусы адносяцца да няклетачных формаў жыцця. **2.** Якая паслядоўнасць пранікнення і размнажэння вірусаў у клетцы-гаспадары? **3.** Апішыце асаблівасці будовы і жыццёвага цыкла бактэрыяфагаў. **4.** Вызначце, якія з пералічаных захворванняў чалавека выклікаюцца вірусамі: гепатыт, халера, туберкулёз, герпес, СНІД, дызентэрыя, шаленства, дыфтэрыя. **5.** Падумайце і адкажыце, чаму вельмі цяжка змагацца з вірусамі, якія пранікаюць унутр клеткі. **6.** Абгрунтуйце, што з'яўляецца асновай для таго, каб лічыць вірусы жывымі арганізмамі. Ці не супярэчыць існаванне вірусаў клетачнай тэорыі, якая сцвярджае, што клетка — элементарная структурная і функцыянальная адзінка жыцця?

Раздзел 5

Паходжанне і эвалюцыя чалавека



Праблемы эвалюцыі чалавека сталі вывучацца ў XVIII ст. Галіны філагенетычнага дрэва эвалюцыі атрада Прыматы, якія вядуць да чалавека і шымпанзэ, па даных малекулярнай біялогіі, раздзяліліся прыкладна 5,5 млн гадоў таму. У гэтым раздзеле вы вывучыце этапы антрапагенезу, якія вылучылі чалавека з жывёльнага свету, пазнаёміцеся з прадстаўнікамі роду Homo, а таксама даведаецеся аб асаблівасцях эвалюцыі чалавека ў сучасным свеце.

§ 38. Фарміраванне ўяўленняў аб эвалюцыі чалавека. Месца чалавека ў заалагічнай сістэме

Фарміраванне ўяўленняў аб эвалюцыі чалавека. Чалавека здаўна хвалявала пытанне аб яго паходжанні. З глыбокай старажытнасці дайшлі звесткі аб тым, што плямёны людзей лічылі сябе нашчадкамі розных жывёл: мядзведзя, сокала, рыбы і інш. Філосафы Старажытнай Грэцыі яшчэ да нашай эры выказвалі думкі аб тым, што чалавек мае прыроднае паходжанне.

Напрыклад, філосаф Анаксімандр пісаў аб паходжанні людзей з глею, у якім спачатку нарадзіліся рыбападобныя арганізмы, якія пазней пакінулі воднае асяроддзе і далі пачатак чалавеку. Прыкладна ў гэты ж час з'явіліся першыя ўпамінанні аб падабенстве чалавека да малпы.

На працягу амаль паўтары тысячы гадоў ад пачатку нашай эры панавалі рэлігійныя погляды на паходжанне чалавека. У XVII—XVIII стст. на аснове назапашаных ведаў аб разнастайнасці жывых арганізмаў прыродазнаўцы ўсё больш пераконваліся ў падабенстве чалавека і жывёл. К. Ліней, які прызнаваў боскае паходжанне чалавека, адзначаў выключнае падабенства чалавека і малпаў. Па гэтай прычыне ў сваёй класіфікацыі жывой прыроды ён размясціў чалавека ў групе прыматаў разам з малпамі.

Крыху пазней Ж. Б. Ламарк прапанаваў гіпотэзу аб паходжанні чалавека ад малпападобных продкаў. Ён лічыў, што крокам да эвалюцыі чалавека быў пераход малпаў ад лазання па дрэвах да прамахаджэння.

Дарвін ў 1871 г. апублікаваў працу «Паходжанне чалавека і палавы адбор», дзе даказваў роднасць чалавека з чалавекападобнымі малпамі. Ён асноўваўся на дадзеных параўнальнай анатоміі, эмбрыялогіі, палеанталогіі. У той жа час вучо-

Мал. 72. Рудыменты

ны лічыў, што ні адна з малпаў, якія цяпер жывуць, не можа з’яўляцца прамым продкам чалавека.

Падабенства чалавека з жывёламі заключаецца ў адзінай схеме будовы. Для чалавека і жывёл характэрны адны і тыя ж органы і сістэмы органаў (крывяносная, дыхальная, выдзяляльная, стрававальная, нервовая, палавая і інш.). Акрамя таго, падабенства чалавека з жывёламі пацвярджаецца наяўнасцю рудыментаў і атавізмаў. У чалавека налічваюць больш чым 90 *рудыментарных органаў* (мал. 72). Гэта копчык, апендыкс, зубы мудрасці, трэцяе павека. Найбольш характэрнымі з *атавізмаў* лічаць моцна развітое ў некаторых людзей валасяное покрыва на целе (мал. 73), дадатковыя саскі, хвост. Усе гэтыя прыкметы добра выражаны ў жывёл, але часам сустракаюцца і ў сучасных людзей.

Мал. 73. Атавізм — празмернае развіццё валасянога покрыва

Наяўнасць у будове трохтыднёвага зародка чалавека хорды, якая замяняецца ў працэсе эмбрыянальнага развіцця на пазваночнік, дазваляе прылічыць яго да тыпу *Хордавыя* і падтыпу *Пазваночныя*. Падабенства чалавека і пазваночных жывёл назіраецца і ў далейшым развіцці зародкаў. На стадыі 4—5 тыдняў эмбрыянальнага развіцця ў зародка чалавека ёсць хваставы аддзел

пазваночніка. У гэты ж час фарміруюцца жаберныя дугі, зачаткі верхніх і ніжніх канечнасцей. Мозг месячнага плода чалавека падобны на мозг рыбы, а сямімесячнага зародка нагадвае мозг малпы. На пятым месяцы эмбрыягенезу ў плода чалавека ёсць валасяное покрыва, якое потым знікае.

Чалавек адносіцца да класа *Млекакормячыя*. У яго ёсць дыяфрагма, малочныя залозы, дыферэнцыраваныя зубы (разцы, іклы і карэнныя), вушныя ракавіны і інш. Чалавек, як і іншыя млекакормячыя, выкормлівае сваіх дзіцянят малаком. Харчаванне зародка чалавека ўнутры мацярынскага арганізма праз плацэнту паказвае на прыналежнасць чалавека да падкласа *Плацэнтарныя*.

Падабенства чалавека з атрадам *Прыматы* абумоўлена наяўнасцю добра развітой пяціпалай пярэдняй канечнасці. Для чалавека, як і для ўсіх прыматаў, характэрны таксама наяўнасць ключыцы і поўнае раздзяленне прамянёвай і локцевай касцей. Гэта дае магчымасць кручэння і разнастайнасці рухаў пярэднімі канечнасцямі. Вялікі палец рухомы і проціпастаўлены астатнім. Ёсць ногці.

Падобныя асаблівасці паводзін чалавека і вышэйшых чалавекападобных малпаў дазваляюць аднесці яго да сямейства *Гамініды*. Для іх характэрны адны і тыя ж безумоўныя рэфлексы і падабенства ў фарміраванні ўмоўных рэфлексаў. Як у чалавека, так і ў чалавекападобных малпаў, можна сустрэць падобныя эмоцыі: гнеў, радасць, а таксама высокую ступень клопату аб патомстве. У чалавека, як і ў шымпанзэ, чатыры аналагічныя групы крыві, тэрмін цяжарнасці складае прыблізна 9 месяцаў. Для людзей і чалавекападобных малпаў характэрны хваробы, якімі не хварэюць іншыя млекакормячыя: грып, туберкулёз, халера і інш. Урэшце, генетычны матэрыял чалавека і шымпанзэ больш чым на 90 % падобны.

Месца чалавека ў заалагічнай сістэме. Месца чалавека ў заалагічнай сістэме можна праілюстраваць наступнай табліцай.

Табліца 8. **Сістэматычныя прыкметы, якія вызначаюць месца чалавека ў заалагічнай сістэме**

Таксон	Прыкмета
Надцарства Эўкарыёты (Ядзерныя) *Eucaryota*	Клеткі змяшчаюць ядро
Царства Жывёлы *Animalia*	Гетэратрофны тып харчавання, рухомы спосаб жыцця
Тып Хордавыя *Chordata*	Наяўнасць у зародка хорды, полай нервовай трубкі на спінным баку цела, стрававальнай трубкі на брушным баку цела, жаберных шчылін, двухбаковай сіметрыі цела, размяшчэнне сэрца на брушным баку цела
Падтып Пазваночныя *Vertebrata*	Наяўнасць пазваночнага слупа, чэрапа, галаўнога і спіннога мозга, дзвюх пар канечнасцей

Працяг табліцы

Таксон	Прыкмета
Клас Млекакормячыя *Mammalia*	Унутрычэраўнае развіццё, выкормліванне дзіцянят малаком, наяўнасць дыяфрагмы, малочных, тлушчавых і потавых залоз, дыферэнцыяцыя зубоў на іклы, разцы і карэнныя, тры слыхавыя костачкі ў сярэднім вуху, вушная ракавіна, валасяное покрыва, чатырохкамернае сэрца, адна (левая) дуга аорты
Падклас Плацэнтарныя *Placentalia*	Харчаванне зародка праз плацэнту
Атрад Прыматы *Primates*	Верхнія канечнасці хапальнага тыпу, проціпастаўленне вялікага пальца астатнім, папілярныя ўзоры на кончыках пальцаў, далонях і ступнях, наяўнасць ногцяў, адна пара малочных залоз, змена малочных зубоў
Надсямейства Чалавекападобныя *Hominoidea*	Плоскія ногці, па два разцы ў кожнай палавіне сківіцы, наяўнасць характэрнага ўзору на жавальнай паверхні зубоў, рэдукцыя хваста, чатыры групы крыві, парадзенне валасянога покрыва цела, падобныя хваробы і паразіты, добра развіты галаўны мозг, праяўленне эмоцый
Сямейства Гамініды — *Hominidae* Род Чалавек — *Homo* Від Чалавек разумны — *Homo sapiens* L.	

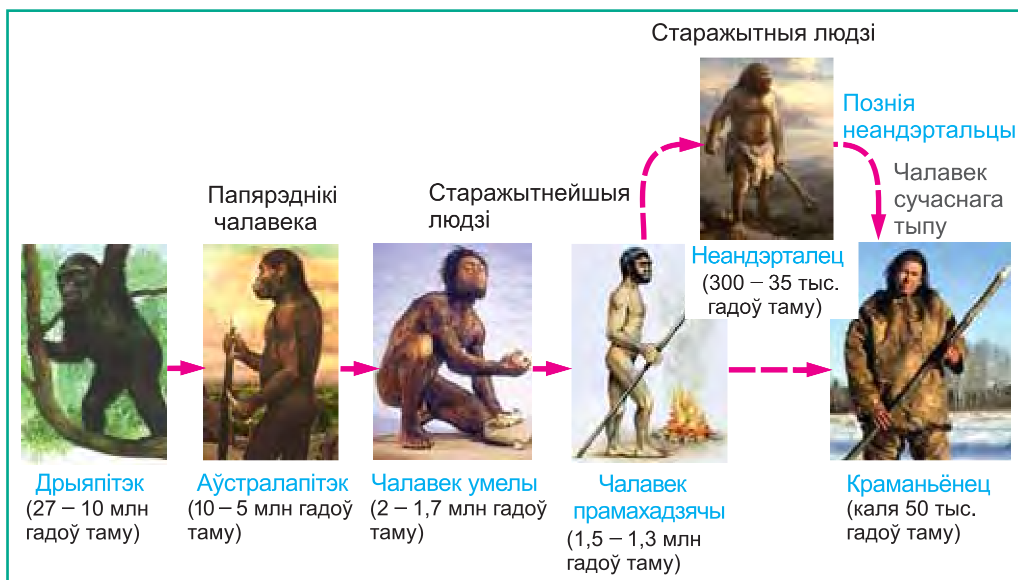
На працягу паўтары тысячы гадоў нашай эры панавалі пераважна рэлігійныя погляды на паходжанне чалавека. Вядучая роля ў доказе паходжання чалавека ад жывёл належыць Ч. Дарвіну. Да ліку фактараў, якія даказваюць роднасць чалавека і жывёл, адносяць падабенства ў будове цела, падобнае развіццё зародкаў на ранніх этапах эмбрыянальнага развіцця, а таксама наяўнасць у чалавека рудыментаў і атавізмаў.

1. Ахарактарызуйце погляды вучоных розных эпох на паходжанне чалавека. **2.** У чым праяўляецца падабенства чалавека з жывёламі? **3.** Вызначце месца чалавека ў сучаснай заалагічнай сістэме. **4.** Якія з пералічаных ніжэй прыкмет дазваляюць аднесці чалавека да тыпу Хордавыя: чэрап, галаўны і спінны мозг, жаберныя дугі, двухбаковая сіметрыя цела, дзве пары канечнасцей, полая нервовая трубка? **5.** Вызначце адпаведнасць паміж сістэматычнымі таксонамі і прыкметамі чалавека, якія дазваляюць аднесці яго да гэтых таксонаў. *Таксоны*: клас Млекакормячыя і атрад Прыматы. *Прыкметы*: а) наяўнасць дыяфрагмы; б) адна пара малочных залоз; в) тры слыхавыя костачкі ў сярэднім вуху; г) вушная ракавіна; д) наяўнасць ногцяў; е) валасяное покрыва цела; ж) змена малочных зубоў; з) ча-

тырохкамернае сэрца. **6**. У многіх першабытных плямёнах існавала меркаванне, што людзі паходзяць ад рыбападобных арганізмаў і ад раслін. Абгрунтуйце беспадстаўнасць дадзенага сцвярджэння. Свой адказ падмацуйце табліцай, адлюстраваўшы ў ёй сістэматычныя прыкметы, якія вызначаюць месца чалавека ў сучаснай сістэматыцы.

§ 39. Папярэднікі чалавека. Старажытныя і выкапнёвыя людзі сучаснага тыпу

Этапы эвалюцыі чалавекападобных прыматаў. Аўстралапітэкі. Сёння лічыцца, што першымі продкамі сучасных прыматаў былі насякомаедныя млекакормячыя, якія насялялі тропікі. Яны жылі каля 65 млн гадоў таму. Гэтыя жывёлы па будове чэрапа і шкілета нагадвалі млекакормячых тупаяў, якія цяпер жывуць у тропіках. Формула іх зубоў была такой самай, як у сучасных лемураў. Першыя вышэйшыя прыматы з’явіліся на Зямлі каля 40 млн гадоў таму. Крыху пазней ад іх адасобіліся дзве асноўныя галіны далейшай эвалюцыі чалавека. Першая ішла ў напрамку эвалюцыі сучасных шыраканосых малпаў, другая — да іншых прыматаў і чалавека (група вузканосых малпаў). Лічыцца, што агульным продкам сучасных чалавекападобных малпаў і чалавека былі дрэвавыя чалавекападобныя малпы — *дрыяпітэкі* (мал. 74).



Мал. 74. Этапы эвалюцыі чалавека

Мал. 75. Аўстралапітэк і яго шкілет

Відаць, менавіта дрыяпітэкі далі пачатак эвалюцыі чалавека, і ў прыватнасці яго папярэднікам — *аўстралапітэкам* (мал. 75).

Дрыяпітэкі атрымалі такую назву таму, што большую частку жыцця праводзілі на дрэвах. Аднак змяненне клімату, якое прывяло да скарачэння лясоў, адбілася на жыцці гэтых жывёл. Дрыяпітэкі прыстасаваліся да новага спосабу жыцця на адкрытых участках тэрыторыі. Бліжэй за іншых да людзей стаіць так званы дарвінаўскі дрыяпітэк, астанкі якога былі знойдзены ў Еўропе.

Першыя выкапнёвыя астанкі аўстралапітэкаў былі знойдзены ў 1924 г. на поўдні Афрыкі. Яны атрымалі сістэматычную назву паводле месца знаходкі — аўстралапітэк афрыканскі. Вынікі раскопак на тэрыторыі Афрыкі за апошнія 50 гадоў сведчаць, што аўстралапітэкі жылі больш чым 5 млн гадоў таму.

Даследаванне знойдзеных частак шкілета аўстралапітэкаў паказала, што яны спалучалі у сабе прыкметы чалавека і малпаў. Вывучэнне будовы карэнных зубоў аўстралапітэкаў паказвала на харчаванне раслiннай ежай. У той жа час будова iклоў i разцоў пацвярджала выкарыстанне ежы жывёльнага паходжання. Галаўны мозг аўстралапітэкаў меў аб’ём каля 650 см^3. Гэта практычна не адрознівала яго ад мозга сучасных чалавекападобных малпаў. Рост быў у межах 100—150 см, а маса цела складала прыкладна 30—60 кг.

Аўстралапітэкі зрабілі два важныя крокі ад жывёл да чалавека. Першым з іх стала прамахаджэнне, аб чым сведчыць будова іх тазавых касцей. Варта адзначыць, што хаджэнне на дзвюх нагах першапачаткова прынесла чалавеку шмат нязручнасцей. Паменшылася скорасць перамяшчэння, больш цяжка, у параўнанні з чатырохногімі жывёламі, сталі праходзіць роды. З другога боку, выявілася несумненная перавага такога перамяшчэння. Напрыклад, вызваліліся пярэднія канечнасці — рукі. Аўстралапітэкі змаглі трымаць у руках камяні або палкі, але самастойна прылады працы яны яшчэ не выраблялі. Другім крокам стала парадзенне валасянога покрыва. Ва ўмовах гарачага і сухога клімату яно было перашкодай, якая ўскладняла ахаладжэнне арганізма.

Аўстралапітэкі, паводле меркавання вучоных, лічацца тупіковай галіной эвалюцыі чалавека. Яны цалкам вымерлі каля 1 млн гадоў таму. Найбольш верагоднай прычынай вымірання была перавага ў іх рацыёне раслiннай ежы. Раслінаеднасць не стымулявала да вырабу

прылад працы і далейшага развіцця і павелічэння аб'ёму галаўнога мозга. Відаць, непасрэднымі продкамі людзей з'явіліся найбольш позні з існаваўшых прадстаўнікоў аўстралапітэкаў. Менавіта тыя, якія ў найбольшай ступені дабіваліся поспехаў у вырабе і прымяненні першых прылад працы.

Старажытнейшыя людзі. Чалавек умелы. Чалавек прамахадзячы. У эвалюцыі ўласна чалавека (*Homo*) адрозніваюць тры асноўныя этапы (табл. 9).

Табліца 9. **Этапы эвалюцыі роду *Homo* — Чалавек**

Назва групы людзей	Час узнікнення	Прадстаўнікі роду *Homo*
Старажытнейшыя людзі (архантрапы)	Каля 2 млн гадоў таму Каля 1,5—1,3 млн гадоў таму	Чалавек умелы *Homo habilis* Чалавек прамахадзячы *Homo erectus*
Старажытныя людзі (палеантрапы) — неандэртальцы	300—35 тыс. гадоў таму	Першыя прадстаўнікі віду Чалавек разумны — *Homo sapiens*
Людзі сучаснага тыпу (неаантрапы) — краманьёнцы	Каля 50 тыс. гадоў таму	Від Чалавек разумны — *Homo sapiens*

Першымі прадстаўнікамі роду Чалавек вучоныя лічаць прадстаўніка архантрапаў Чалавека ўмелага (гл. мал. 74). Знаходка астанкаў шкілета першага *Homo habilis* на схіле афрыканскага кратара Нгорангора належыць Луісу Лікі і датуецца 1959 г. Побач з астанкамі *Homo habilis* былі выяўлены самыя старажытныя прылады працы, зробленыя рукамі чалавека (мал. 76).

Першыя прылады працы былі вельмі прымітыўныя. Яны ўяўлялі сабой толькі злёгку завостраную і расколатую пад пэўным вуглом гальку. Прылады з галькі паступова замяняліся ручнымі рубіламі (камяні, абчасаныя з двух бакоў), пазней — наканечнікамі і скрабкамі.

З'яўленне прылад працы дазволіла актыўна ўводзіць у рацыён жывёльную ежу. Выраб больш сучасных прылад працы са-

Мал. 76. Чалавек умелы і яго прылады працы

дзейнічаў павелічэнню аб'ёму галаўнога мозга. У *Homo habilis* ён быў большы, чым у аўстралапітэкаў, і дасягаў 680 см^3. Скрыўленне ніжняй сківіцы ў выглядзе зачаткавага падбародачнага выступа гаворыць аб магчымай наяўнасці зачаткаў маўлення. Чэрап Чалавека ўмелага быў лягчэйшы, чым у аўстралапітэкаў. Выкарыстанне агню пры прыгатаванні ежы не патрабавала развіцця моцных мышцаў твару для яе перажоўвання. Больш слабым мышцам для прымацавання да чэрапа ўжо не патрэбны былі такія моцныя косці. Чалавек умелы цалкам прыстасаваўся да прамахаджэння. У яго, як і ў сучасных людзей, вялікі палец ступні не быў адведзены ўбок.

Наступным этапам эвалюцыі старажытнейшых людзей лічаць Чалавека прамахадзячага. Яго астанкі ўпершыню былі выяўлены Э. Дзюбуа ў 1891 г. на востраве Ява. Аб'ём мозга ў Чалавека прамахадзячага павялічыўся да 1000 см^3. *Homo erectus* актыўна вырабляў дастаткова дасканалыя прылады працы, займаўся паляваннем і валодаў зачаткамі маўлення. У сувязі з прамахаджэннем у гэтага віду чалавека прагрэсіўна змяніўся шкілет. Ступня набыла невялікую дугу, сцегнавая косць змясцілася да цэнтра таза, у пазваночніку ўтварыўся невялікі выгін. Жылі *Homo erectus* пераважна статкамі. Для прыгатавання ежы выкарыстоўвалі агонь. Аднак нізкі лоб, развітыя надброўныя дугі, паўсагнутае цела з вялікім валасяным покрывам збліжалі іх з малпападобнымі продкамі. Таму Чалавека прамахадзячага часта называюць малпачалавекам.

Старажытнейшыя людзі шырока рассяліліся па тэрыторыі Афрыкі, Азіі і на поўдні Еўропы і эвалюцыяніравалі адначасова ў некалькіх напрамках.

Старажытныя і выкапнёвыя людзі сучаснага тыпу. На гэтым этапе вядучую ролю ў эвалюцыі чалавека пачынаюць адыгрываць сацыяльныя фактары: працоўная дзейнасць у групах, сумесная барацьба за выжыванне, развіццё інтэлекту. Да першых старажытных людзей, якія былі прамежкавым звяном паміж старажытнейшымі людзьмі і выкапнёвымі продкамі сучаснага чалавека, адносяць *неандэртальцаў*. Сваю назву яны атрымалі паводле месца іх першай выкапнёвай знаходкі ў 1856 г. у даліне р. Неандэр у Германіі. Неандэртальцы здабывалі ежу шляхам збіральніцтва і палявання. Жылі групамі колькасцю да 100 чалавек (мал. 77). У якасці жылля выкарыстоўвалі пячоры, у якіх пастаянна падтрымлівалі агонь. Адзеннем

Мал. 77. Стаянка неандэртальцаў

для іх былі шкуры забітых на паляванні жывёл. Неандэртальцы добра валодалі членараздзельным маўленнем. Яны шырока выкарыстоўвалі прылады працы: разнастайныя шылы з касцей, каменныя востраканечнікі коп'яў і скрабкі. У неандэртальцаў пачалі зараджацца элементы культуры. Напрыклад, чэрапы забітых жывёл, якія, на іх думку, былі надзелены магічнымі ўласцівасцямі, служылі талісманамі на паляванні. Акрамя таго, у неандэртальцаў з'явіліся элементы пахавальнай культуры. Аб гэтым факце сведчыць пахаванне памерлых у позе чалавека, які спіць.

Неандэртацьцы ўяўлялі сабой неаднародную групу людзей. Паводле часу існавання і марфалагічных прыкмет іх падзяляюць на *ранніх* (узніклі каля 300 тыс. гадоў таму) і *позніх* неандэртальцаў. Вучоныя лічаць, што раннія неандэртальцы былі тупіковай галіной на шляху эвалюцыі сучаснага чалавека. Позния неандэртальцы з'явіліся каля 70 тыс. гадоў таму і жылі сярод людзей сучаснага тыпу. Аднак пазней былі цалкам выцеснены імі. Позния неандэртальцы прыстасаваліся да жыцця невялікімі сямейнымі групамі. У адрозненне ад ранніх яны мелі добра развіты шкілет і мускулатуру пры адносна невялікім росце (каля 160 см). Аб'ём галаўнога мозга ў неандэртальцаў складаў прыблізна 1300 см^3. Усё гэта давала ім перавагу ў барацьбе за існаванне.

Мяркуецца, што пачатак людзям сучаснага тыпу (неаантрапам) далі позния неандэртальцы, якія прыстасаваліся жыць невялікімі сямейнымі групамі. *Краманьёнцамі* яны былі названы паводле знаходкі некалькіх шкілетаў гэтых людзей у французскім гроце Краманьён. Краманьёнцы валодалі ўсім комплексам фізічных асаблівасцей, якія характэрны для сучаснага чалавека. Прагрэсіўныя рысы ў будове іх галаўнога мозга былі звязаны са значным развіццём лобных долей. Дадзены факт паказвае на добра развітое ў гэтых людзей членараздзельнае маўленне. Другой прыкметай, якая сведчыць аб якасным валоданні маўленнем, з'яўляецца выражаны падбародкавы выступ.

Краманьёнцы актыўна будавалі жыллё, выраблялі спецыялізаваныя прылады працы, шылі адзенне. Для месцаў іх стаянак характэрны зачаткі мастацтва ў выглядзе розных статуэтак і наскальных малюнкаў (мал. 78). Краманьёнцы першымі

Мал. 78. Наскальныя малюнкі краманьёнцаў

прыручылі жывёл, што з'явілася крокам да грамадскага жыцця людзей і развіцця родавай абшчыны.

У эвалюцыі краманьёнцаў найбольшае значэнне набылі сацыяльныя фактары. Значна ўзрасла роля выхавання і перадачы вопыту ад старэйшых пакаленняў да малодшых.

Агульным продкам сучасных чалавекападобных малпаў і чалавека былі дрыяпітэкі. Ад іх паходзяць папярэднікі чалавека — аўстралапітэкі. Першым прадстаўніком роду Чалавек з'яўляецца Чалавек умелы. Наступным крокам на шляху эвалюцыі быў Чалавек прамахадзячы. Прамежкавым звяном паміж старажытнейшымі людзьмі і выкапнёвымі продкамі Чалавека разумнага з'яўляюцца неандэртальцы. Узнікненне людзей сучаснага тыпу (неаантрапаў) адбылося каля 50 тыс. гадоў таму. Іх прадстаўнікі — краманьёнцы — валодалі ўсім комплексам фізічных асаблівасцей, характэрных для сучаснага чалавека.

1. Каго вучоныя лічаць першым выкапнёвым продкам сучасных прыматаў? **2.** Параўнайце асаблівасці будовы і жыцця Чалавека ўмелага і Чалавека прамахадзячага. На якой падставе іх адносяць да першых прадстаўнікоў роду Чалавек? **3.** Ахарактарызуйце асаблівасці спосабу жыцця неандэртальцаў. **4.** Якія, на ваш погляд, рысы краманьёнцаў дазваляюць аднесці іх да людзей сучаснага тыпу? **5.** Дапусцім, што на тэрыторыі Грэцыі былі выяўлены чэрапы, вывучэнне якіх паказала, што аб'ём чарапной каробкі складаў 1300 см^3, а ўзрост — 70 тыс. гадоў. Акрамя таго, там жа былі выяўлены шылы з касцей і разнастайныя каменныя скрабкі. Як вы думаеце, каму маглі належаць гэтыя астанкі і прылады працы? Адказ абгрунтуйце.

§ 40. Роля біялагічных і сацыяльных фактараў у эвалюцыі чалавека

Перадумовы антрапагенезу. Біялагічныя і сацыяльныя фактары. Як вы думаеце, ці прымянімы прынцыпы, якія тлумачаць паходжанне і эвалюцыю відаў жывёл, для тлумачэння паходжання і эвалюцыі чалавека? З пазіцыі сінтэтычнай тэорыі біялагічныя фактары эвалюцыі арганічнага свету — мутацыйны працэс, дрэйф генаў, барацьба за існаванне і натуральны адбор — прымянімы і да эвалюцыі чалавека. Пахаладанне клімату і выцясненне лясоў стэпамі абумовіла пераход продкаў чалавекападобных малпаў да наземнага спосабу жыцця. Гэты факт стаў першым крокам на іх шляху да прамахаджэння.

Недахопы ў скорасці перамяшчэння пры прамахаджэнні кампенсаваліся тым, што вызваліліся пярэднія канечнасці. У той жа час вертыкальнае становішча цела дазваляла атрымаць вялікі аб'ём інфармацыі. Напрыклад, продкі чалавека маглі больш своечасова рэагаваць на прыбліжэнне драпежнікаў. Рукі сталі выкарыстоўвацца для вырабу і прымянення розных прылад. Паколькі пералічаныя прыстасаванні былі накіраваны на павышэнне выжывальнасці, менавіта па гэтым шляху ажыццяўлялася далейшае дзеянне натуральнага адбору. Значыць, біялагічныя фактары анрапагенезу садзейнічалі фарміраванню морфафізіялагічных асаблівасцей чалавека (прамахаджэнне, павелічэнне аб'ёму галаўнога мозга, развітая кісць рукі).

Ролю *сацыяльных фактараў* у антрапагенезе раскрыў Ф. Энгельс у працы «Роля працы ў працэсе ператварэння малпы ў чалавека» (1896). З сацыяльных фактараў эвалюцыі лагічна пабудаваць наступную паслядоўнасць: *сумесны спосаб жыцця мысленне маўленне праца грамадскі спосаб жыцця*. Продкі чалавека сталі аб'ядноўвацца ў групы для сумеснага пражывання, асвоілі выраб прылад працы. Менавіта выраб прылад працы з'яўляецца дакладнай мяжой паміж малпападобнымі продкамі і чалавекам. У барацьбе за існаванне перавагу сталі атрымліваць групы асобін, якія разам маглі супрацьстаяць неспрыяльным умовам навакольнага асяроддзя. Такім чынам, сацыяльныя фактары антрапагенезу былі накіраваны на ўдасканаленне адносін паміж людзьмі ў межах групы.

Роля працы ў фарміраванні чалавека. Эвалюцыя рукі пасля вызвалення ад функцыі апоры ішла ў напрамку яе ўдасканалення для працоўнай дзейнасці. Дадзены факт знайшоў адлюстраванне ў вырабе розных прылад працы. Гэта адзначана пры вывучэнні выкапнёвых астанкаў Чалавека ўмелага (*Homo habilis*).

Будова касцей кісці *Homo habilis* паказвае на добра развітую хапальную здольнасць верхняй канечнасці. Ногцевыя фалангі сталі кароткімі і плоскімі, што яшчэ раз падкрэслівае актыўнае выкарыстанне кісці. Расшыраныя фалангі пальцаў з'яўляюцца сведчаннем выканання цяжкай фізічнай работы. Акрамя таго, рука стала вядучым органам чалавека ў ажыццяўленні кантактаў на адлегласці пры дапамозе розных прадметаў.

Выкарыстанне зробленых прылад для палявання істотна павысіла эфектыўнасць гэтага працэсу. Чалавек нараўне з раслліннай ежай стаў шырока ўключаць у рацыён і больш каларыйную ежу жывёльнага паходжання. Прыгатаванне ежы на агні паменшыла нагрузку на жавальны апарат і стрававальную сістэму. У выніку стаў лягчэйшым шкілет галавы, скараціўся кішэчнік.

З развіццём працоўнай дзейнасці адбывалася далейшае аб'яднанне людзей для сумеснага жыцця. Гэта пашырала прадстаўленні чалавека аб навакольным

свеце. Новыя прадстаўленні абагульняліся ў выглядзе паняццяў, што садзейнічала развіццю мыслення і фарміраванню членараздзельнага маўлення. З удасканаленнем маўлення ішло развіццё галаўнога мозга. Менавіта ў паралічаных напрамках рэалізавалася дзеянне рухаючай формы натуральнага адбору. Як вынік, у старажытных людзей за вельмі кароткі тэрмін значна павялічыўся аб'ём галаўнога мозга.

Грамадскі спосаб жыцця як фактар эвалюцыі чалавека. Пры пераходзе да наземнага спосабу жыцця продкі чалавека сутыкнуліся з шэрагам цяжкасцей у барацьбе за існаванне. Гэта і асваенне новых месцаў пражывання, і пастаянная небяспека, звязаная з драпежнікамі ва ўмовах адкрытай прасторы. Для паспяховага выжывання продкі чалавека аб'ядноўваліся ў групы, а праца садзейнічала з'яднанню іх членаў. Старажытныя людзі калектыўна абараняліся ад драпежнікаў, палявалі і займаліся выхаваннем дзяцей. Старэйшыя члены навучалі малодшых знаходзіць прыродныя матэрыялы і вырабляць прылады працы, вучылі паляваць і падтрымліваць агонь. Выкарыстанне агню, акрамя прыгатавання ежы, дапамагала абараняцца ад непагоды і драпежнікаў.

Грамадскае жыццё давала неабмежаваныя магчымасці зносін з дапамогай гукаў і жэстаў. Паступова неразвітая гартань і ротавы апарат малпападобных продкаў ператварыліся ў органы членараздзельнага маўлення чалавека. Гэтаму садзейнічалі спадчынная зменлівасць і натуральны адбор.

Вядучая роля сацыяльных фактараў у гісторыі развіцця чалавека. На этапе эвалюцыі старажытнейшых людзей вядучая роля належала біялагічным фактарам — барацьбе за існаванне і натуральнаму адбору. Адбор быў накіраваны на выжыванне асобных папуляцый людзей. Выжывалі найбольш прыстасаваныя да неспрыяльных умоў і больш умелыя ў вырабе прыладаў працы. Па меры аб'яднання людзей у групы вядучую ролю ў антрапагенезе сталі адыгрываць сацыяльныя фактары. Перавагу ў барацьбе за існаванне неабавязкова атрымлівалі самыя моцныя. Паступова аб'ектам адбору сталі стаднасць і звязаныя з ёй формы зносін. Выжывалі тыя, хто максімальна захоўваў дзяцей — будучыню папуляцыі і старых — носьбітаў жыццёвага вопыту.

Праз працу і слова чалавек стаў паступова авалодваць культурай вытворчасці прылад працы, уладкавання жылля. Навучанне і выхаванне, а таксама перадача вопыту з'явіліся важнай перадумовай зараджэння элементаў чалавечай культуры. Спачатку яны праяўляліся ў выглядзе наскальных малюнкаў, статуэтак, пахавальных абрадаў. Удасканаленне калектыўнага спосабу жыцця, размеркаванне абавязкаў паміж членамі групы зніжалі ролю біялагічных фактараў у эвалюцыі чалавека.

Якасныя адрозненні чалавека. Гаворачы аб якасных адрозненнях, паспрабуем падсумаваць разгледжаныя раней перадумовы антрапагенезу. Чалавека ўме-

лага, першага сапраўднага прадстаўніка роду *Homo*, адрознівае ад прадстаўнікоў жывёльнага свету менавіта здольнасць вырабляць прылады працы.

Тут важны менавіта выраб, а не простае выкарыстанне палкі або каменя малпападобнымі продкамі для задавальнення патрэб у ахове або ежы. Жывёлы таксама могуць скарыстоўваць падручныя сродкі для здабывання корму. Малпы, напрыклад, палкамі і камянямі збіваюць бананы і какосы з пальмаў. Марскія выдры карыстаюцца камянямі для расколвання ракавін малюскаў. Некаторыя віды галапагоскіх уюркоў прымяняюць калючкі кактусаў, каб даставаць насякомых з-пад кары дрэў.

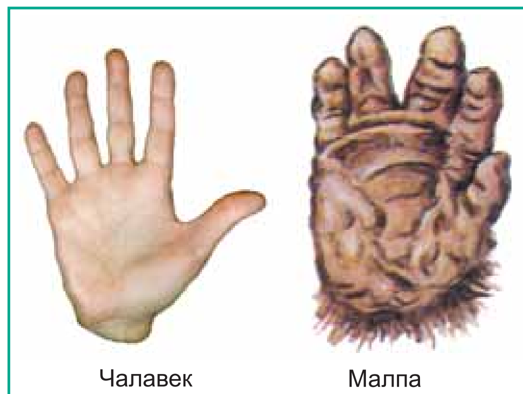
Усе спосабы выкарыстання прадметаў у жыццядзейнасці жывёл носяць выпадковы характар або абумоўлены інстынктамі. Таму галоўным якасным адрозненнем чалавека з'яўляецца, безумоўна, свядомая праца. Менавіта праца ўяўляе сабой мяжу, якая раздзяліла чалавека і яго далёкіх продкаў.

Чалавек мае такі ж самы план будовы арганізма, як і ўсе млекакормячыя. У той жа час у будове цела чалавека ёсць шэраг адрозненняў, звязаных з прамахаджэннем, працоўнай дзейнасцю і развіццём мовы.

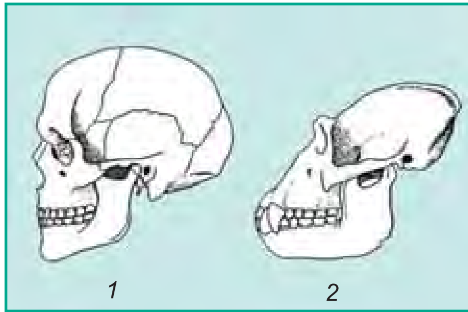
У сувязі з ***прамахаджэннем*** змянілася пастава цела і адбыўся перанос цэнтра цяжару на ніжнія канечнасці. Гэта абумовіла змяненне формы пазваночніка з дугападобнай на S-падобную. Такая форма надала пазваночніку дадатковую гнуткасць пры перамяшчэнні. Укарачэнне пазваночнага слупа забяспечвае ўстойлівае становішча цела на ніжніх канечнасцях, якія ў чалавека, у адрозненне ад малпападобных продкаў, даўжэйшыя за верхнія.

Іншымі прагрэсіўнымі элементамі, звязанымі з хаджэннем на дзвюх нагах, сталі: скляпеністая, спружыністая ступня, пашыраны таз, а таксама больш кароткая і шырокая грудная клетка. Патылічная адтуліна ў чалавека перамяшчаецца да цэнтра асновы чэрапа, што дазваляе збалансаваць чэрап на шыйных пазванках.

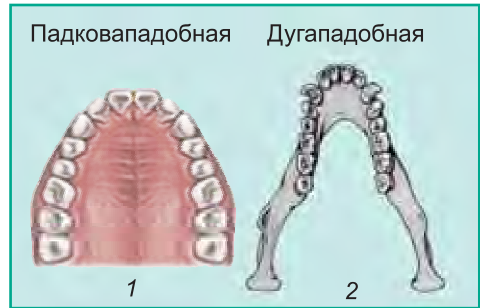
У сувязі з ***працоўнай дзейнасцю*** рука чалавека мае невялікія памеры, адрозніваецца тонкасцю і рухомасцю. Гэта дае ёй магчымасць рабіць розныя рухі. Адвядзенне ўбок вялікага пальца і яго проціпастаўленне астатнім (мал. 79) дазваляе чалавеку не проста браць прадмет, але і зручна абхопліваць яго.



Мал. 79. Рукі чалавека і чалавекападобнай малпы



Мал. 80. Чэрапы чалавека (*1*) і шымпанзэ (*2*)



Мал. 81. Формы ніжняй сківіцы чалавека (*1*) і чалавекападобнай малпы (*2*)

Павелічэнне аб'ёму галаўнога мозга прывяло да павелічэння памераў мазгавога аддзела чэрапа ў сярэднім да 1500 см^3. Па аб'ёме ён пераўзыходзіць тварны аддзел у 4 разы, хаця ў малпаў гэтыя суадносіны складаюць 1 : 1 (мал. 80).

З ***развіццём маўлення*** ніжняя сківіца чалавека набыла выгляд падковы з падбародкам, які выступае (мал. 81). Яшчэ адной адрознай рысай стала наяўнасць другой сігнальнай сістэмы. Слова і звязанае з ім мысленне дазваляюць чалавеку разважаць лагічна і абагульняць назапашаныя факты. На гэтым заснавана перадача вопыту, культуры, традыцый, ведаў на працягу многіх пакаленняў. Веды і вопыт, назапашаныя чалавекам на працягу жыцця, становяцца дасягненнем усяго грамадства. Гэта стала магчымым дзякуючы развіццю маўлення, а пазней — пісьменнасці.

Такія якасці чалавека, як любоў да працы, пластычнасць мыслення, культура маўлення, развіваюцца на аснове адукацыі і выхавання ў грамадстве. Па-за чалавечым грамадствам фарміраванне гарманічна развітой асобы немагчыма.

У аснове эвалюцыі чалавека ляжаць біялагічныя (спадчынная зменлівасць, барацьба за існаванне, натуральны адбор) і сацыяльныя (праца, мысленне, маўленне, грамадскае жыццё) фактары эвалюцыі. Праца садзейнічала аб'яднанню продкаў чалавека ў групы. Развіццё маўлення, удасканаленне калектыўнага спосабу жыцця, размеркаванне абавязкаў паміж членамі групы — усё гэта ўзмацняла ролю сацыяльных фактараў антрапагенезу. Слова і звязанае з ім мысленне дазволілі чалавеку разважаць лагічна і абагульняць назапашаныя факты. Адрознай рысай чалавека з'яўляецца наяўнасць другой сігнальнай сістэмы.

1. Раскрыйце ролю біялагічных фактараў у эвалюцыі чалавека. **2.** Ахарактарызуйце сацыяльныя фактары эвалюцыі. Дакажыце, што на сучасным этапе эвалюцыі чалавека вядучая роля належыць сацыяльным фактарам. **3.** Якая роля працы ў эвалюцыі чалавека? **4.** Вызначце якасныя адрозненні чалавека, якія вылучаюць яго з жывёльнага свету. **5.** У снежні 2004 года на Тайланд абрушыўся страшнай сілы ўраган з цунамі. У выніку загінула больш за 300 тыс. чалавек. Які, на ваш погляд, фактар антрапагенезу можа рэалізаваць сябе ў месцы дадзенага прыроднага катаклізму? Адказ абгрунтуйце.

§ 41. Чалавечыя расы. Эвалюцыя чалавека на сучасным этапе

Чалавечыя расы, іх паходжанне і адзінства. Усе людзі, якія жывуць на планеце Зямля, у цяперашні час належаць да аднаго віду — *Чалавек разумны*. Унутры дадзенага віду вучоныя вылучаюць чалавечыя расы.

Чалавечая раса — гістарычна складзеная група людзей з агульнымі спадчыннымі марфалагічнымі асаблівасцямі.

Да такіх асаблівасцей адносяцца: тып і колер валасоў, колер скуры і вачэй, форма носа, губ, павекаў, рысы твару, тып целаскладу і інш. Усе пералічаныя прыкметы з’яўляюцца спадчыннымі.

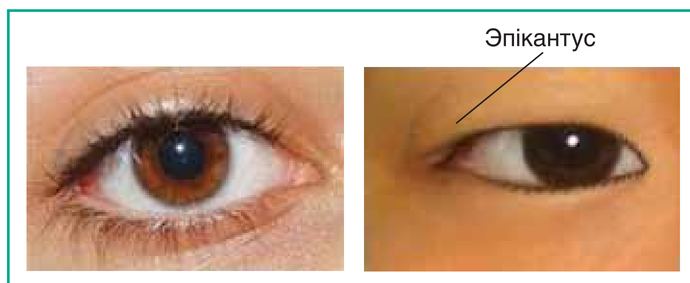
Даследаванне выкапнёвых астанкаў краманьёнцаў паказала, што яны мелі рысы, характэрныя для сучасных чалавечых рас. На працягу дзясяткаў тысячагоддзяў нашчадкі краманьёнцаў пражывалі ў самых разнастайных геаграфічных абласцях планеты. Гэта азначае, што кожная чалавечая раса мае ўласны арэал узнікнення і фарміравання. Адрозненні паміж чалавечымі расамі — гэта вынік натуральнага адбору ў розных умовах пражывання пры наяўнасці геаграфічнай ізаляцыі. Працяглае дзеянне фактараў навакольнага асяроддзя ў месцах пастаяннага пражывання прыводзіла да паступовага замацавання комплексу прыкмет, характэрных для гэтых груп людзей. У цяперашні час вылучаюць тры вялікія чалавечыя расы (рыс. 82, с. 178). Яны, у сваю чаргу, падраздзяляюцца на малыя расы (іх каля трыццаці).

Прадстаўнікі ***еўрапеоіднай (еўразійскай) расы*** прыстасаваліся да жыцця ва ўмовах халоднага і вільготнага клімату. Арэалам распаўсюджання еўрапеоіднай расы з’яўляюцца Еўропа, Паўночная Афрыка, невялікая частка Азіі і Індыі, а таксама Паўночная Амерыка і Аўстралія. Для іх характэрна пераважна светлая або злёгку смуглая скура. Гэта раса характарызуецца прамымі або хвалістымі валасамі, вузкім носам, які выступае, і тонкімі губамі. На твары ў мужчын выражана валасяное покрыва (у выглядзе вусоў і барады). Вузкі нос, які выступае, у еўрапеоідаў садзейнічае саграванню ўдыхаемага паветра ў халодных кліматычных умовах.

Мал. 82. Чалавечыя расы

Людзі негроіднай (аўстрала-негроіднай) расы ў найбольшай ступені прадстаўлены на ўчастках планеты з гарачым кліматам. Яны насяляюць Афрыку, Аўстралію і астравы Ціхага акіяна. Адаптацыямі да дадзеных кліматычных умоў з'яўляюцца цёмны колер скуры, кучаравыя або хвалістыя валасы. Напрыклад, кучаравыя валасы на галаве прадстаўнікоў негроіднай расы фарміруюць своеасаблівую паветраную падушку. Такая асаблівасць размяшчэння валасоў ахоўвае галаву ад перагрэву. Для прадстаўнікоў негроіднай расы таксама характэрны плоскі нос, які мала выступае, тоўстыя губы і цёмны колер вачэй.

Мангалоідная (азіяцка-амерыканская) раса распаўсюджана на тэрыторыях Зямлі з суровым кантынентальным кліматам. Гістарычна дадзеная раса насяляла практычна ўсю Азію, а таксама Паўночную і Паўднёвую Амерыку. Манталоіды характарызуюцца смуглай скурай, прамымі шорсткімі цёмнымі валасамі. Твар пляскаты з добра выражанымі скуламі, нос і губы сярэдняй шырыні, ва-



Мал. 83. Вока еўрапеоіда і мангалоіда

ласяное покрыва твару развіта слаба. Ёсць скурная складка ва ўнутраным кутку вока — *эпікантус* (мал. 83). Вузкі разрэз вачэй і эпікантус у мангалоідаў з'яўляюцца ахоўнымі прыстасаваннямі да частых пылавых бур. Фарміраванне тоўстай тлушчавай падскурнай клятчаткі дазваляе ім адаптавацца да нізкіх тэмператур халодных кантынентальных зім.

Адзінства чалавечых рас пацвярджаецца адсутнасцю генетычнай ізаляцыі паміж імі. Гэта выражаецца ў магчымасці з'яўлення пладавітага патомства ў міжрасавых шлюбах (мал. 84). Яшчэ адным доказам адзінства рас служыць наяў-

Мал. 84. Міжрасавы шлюб

насць ва ўсіх людзей на пальцах дугападобных узораў і аднолькавы характар размяшчэння валасоў на целе.

Расізм — сукупнасць вучэнняў аб фізічнай і псіхічнай нераўнацэннасці чалавечых рас і вырашальным уплыве расавых адрозненняў на гісторыю і культуру грамадства. Ідэі расізму зарадзіліся ў той час, калі адкрытыя Ч. Дарвінам законы эвалюцыі жывой прыроды сталі пераносіцца на чалавечае грамадства.

Асноўнымі ідэямі расізму з'яўляюцца ідэі аб першапачатковым дзяленні людзей на вышэйшыя і ніжэйшыя расы з-за іх біялагічнай нераўнацэннасці. Прычым прадстаўнікі вышэйшых з'яўляюцца адзінымі стваральнікамі цывілізацыі і прызначаны панаваць над ніжэйшымі. Так расізм імкнецца апраўдаць сацыяльную несправядлівасць у грамадстве і каланіяльную палітыку.

Расісцкая тэорыя на практыцы існавала ў фашысцкай Германіі. Фашысты лічылі вышэйшай сваю арыйскую расу і гэтым апраўдвалі фізічнае знішчэнне вялікай колькасці прадстаўнікоў іншых рас. У нашай краіне, якая найбольш пацярпела ад агрэсіі фашысцкіх акупантаў, любая падтрымка ідэй фашызму асуджаецца і караецца па законе.

Расізм не мае пад сабой ніякага навуковага абгрунтавання, паколькі даказана біялагічная раўнацэннасць прадстаўнікоў усіх рас і іх прыналежнасць да аднаго віду. Адрозненні, якія існуюць ва ўзроўні развіцця, з'яўляюцца вынікам сацыяльных фактараў.

Некаторыя вучоныя меркавалі, што галоўнай рухаючай сілай эвалюцыі чалавечага грамадства з'яўляецца барацьба за існаванне. Гэтыя погляды ляглі ў аснову сацыял-дарвінізму — псеўданавуковай плыні, у адпаведнасці з якой усе грамадскія працэсы і з'явы (узнікненне дзяржаў, войны і г. д.) падпарадкаваны законам прыроды. Прыхільнікі гэтага вучэння разглядаюць сацыяльную няроўнасць людзей як вынік іх біялагічнай нераўнацэннасці, якая ўзнікла ў выніку натуральнага адбору.

Асаблівасці эвалюцыі чалавека на сучасным этапе. У сучасным грамадстве на першы погляд не назіраецца яўных прыкмет далейшай эвалюцыі віду *Homo sapiens*. Але гэты працэс працягваецца. Вызначальную ролю на дадзеным этапе адыгрываюць сацыяльныя фактары, аднак захавалася роля некаторых біялагічных фактараў эвалюцыі.

Мутацыі, якія пастаянна ўзнікаюць пад дзеяннем фактараў асяроддзя, і іх камбінацыі мяняюць генатыпічны склад папуляцыі чалавека. Яны ўзбагачаюць фенатыпы людзей новымі прыкметамі і падтрымліваюць іх унікальнасць. У сваю чаргу, шкодныя і несумяшчальныя з жыццём мутацыі выдаляюцца з чалавечай папуляцыі пры дапамозе натуральнага адбору.

Забруджанне планеты, перш за ўсё хімічнымі злучэннямі, з'яўляецца прычынай павелічэння тэмпаў мутагенезу і назапашання генетычнага грузу (шкодных рэцэсіўных мутацый). Гэты факт так ці інакш можа аказаць уплыў на эвалюцыю чалавека.

Сфарміраваны каля 50 тыс. гадоў таму від Чалавек разумны да цяперашняга часу практычна не змяніўся знешне. Гэта вынік дзеяння *стабілізуючага натуральнага адбору* ў адносна аднародным асяроддзі пражывання чалавека. Адным з прыкладаў яго праяўлення з'явілася павышаная выжывальнасць нованароджаных дзяцей з масай цела ў межах сярэдніх значэнняў (3—4 кг). Аднак на сучасным этапе дзякуючы развіццю медыцыны роля стабілізуючага натуральнага адбору значна знізілася. Сучасныя медыцынскія тэхналогіі дазваляюць выходжваць нованароджаных з нізкай масай цела і даюць магчымасць паўнавартасна развівацца неданошаным дзецям.

Сёння ў нашай краіне дзякуючы рэалізацыі дзяржаўных праграм «Дэмаграфічная бяспека Беларусі», «Дзеці Беларусі», «Ахова здароўя Беларусі» ўдалося знізіць смяротнасць нованароджаных больш чым у 2 разы ў параўнанні з мінулым дзесяцігоддзем. На сённяшні дзень гэты паказчык з'яўляецца самым нізкім сярод краін СНД і адным з самых нізкіх у свеце. Вучонымі Рэспублікі Беларусь распрацаваны і ўкаранёны навейшыя тэхналогіі выходжвання неданошаных дзяцей. Беларускія ўрачы паспяхова выходжваюць дзяцей з масай цела каля 1 кг. У радзільных дамах шырока выкарыстоўваюцца сучасныя высокатэхналагічныя інкубатары. Яны дазваляюць імітаваць умовы мацярынскага арганізма. Распрацаваны і прымяняюцца апараты штучнай вентыляцыі лёгкіх у нованароджаных, абсталяванне для дазіраванай падачы лекавых прэпаратаў.

Вядучая роля *ізаляцыі* ў эвалюцыі чалавека прасочваецца на этапе фарміравання чалавечых рас. У сучасным грамадстве дзякуючы разнастайным сродкам перамяшчэння і пастаяннай міграцыі людзей значэнне ізаляцыі практычна мізэрнае. Адсутнасць генетычнай ізаляцыі паміж людзьмі з'яўляецца важным фактарам ва ўзбагачэнні генафонду насельніцтва планеты.

На некаторых адносна абмежаваных тэрыторыях не страціў сваёй эвалюцыйнай ролі такі фактар, як *дрэйф генаў*. У цяперашні час ён праяўляецца лакальна ў сувязі з прыроднымі катаклізмамі. Стыхійныя бедствы часам забіраюць жыцці дзясяткаў і нават сотняў тысяч людзей, як гэта адбылося ў пачатку 2010 г. у выніку землетрасення на Гаіці. Гэта безумоўна робіць уплыў на генафонд чалавечых папуляцый.

Такім чынам, на эвалюцыю віду *Homo sapiens* у цяперашні час уплывае толькі мутацыйны працэс. Дзеянне натуральнага адбору і ізаляцыі мінімальнае.

Усе людзі, якія жывуць на планеце Зямля ў цяперашні час, належаць да аднаго віду — Чалавек разумны. У межах дадзенага віду вылучаюць чалавечыя расы. Прыкметы рас сфарміраваліся пад уплывам фактараў асяроддзя пражывання. У цяперашні час вылучаюць тры вялікія чалавечыя расы: еўрапеоідную, аўстрала-негроідную і мангалоідную. На сучасным этапе з біялагічных фактараў на эвалюцыю чалавека ў нязменным выглядзе дзейнічае толькі мутацыйны працэс. Роля натуральнага адбору і дрэйфу генаў значна знізілася, а ізаляцыя практычна страціла сваё значэнне.

1. Ахарактарызуйце асноўныя прыстасавальныя асаблівасці прадстаўнікоў розных рас. Які фактар эвалюцыі садзейнічаў іх з'яўленню? **2.** Прывядзіце доказы адзінства і раўнацэннасці чалавечых рас. **3.** Чаму, на ваш погляд, расізм недапушчальны ў сучасным грамадстве? **4.** Ахарактарызуйце асаблівасці эвалюцыі чалавека на сучасным этапе. Якая роля ў гэтым працэсе належыць біялагічным фактарам эвалюцыі? **5.** Прывядзіце прыклады дрэйфу генаў у чалавечых папуляцыях на сучасным этапе. Якую ролю і ў якіх выпадках дадзены працэс адыгрывае ў эвалюцыі чалавека на сучасным этапе? Адказ абгрунтуйце.

Раздзел 6

У гэтым раздзеле вы пазнаёміцеся з асноўнымі напрамкамі эталогіі — навукі аб біялагічных асновах паводзін жывёл. Вы даведаецеся, як адбываецца станаўленне любога паводзінскага акта. Выявіце значэнне розных формаў паводзін для выжывання жывых арганізмаў і даведаецеся, як адбывалася эвалюцыя паводзін.

§ 42. Паводзіны як форма адаптацыі арганізмаў

Асаблівасці паводзін жывых арганізмаў. Выжыванне арганізмаў шмат у чым вызначаецца іх здольнасцю ўзаемадзейнічаць з навакольным асяроддзем. Гэта ў найбольшай ступені дасягаецца праз рэалізацыю цэлага шэрага *паводзінскіх рэакцый*.

Паводзіны — сукупнасць усіх дзеянняў арганізма.

Паводзінскія рэакцыі тым больш відавочныя, чым прыкметней змяненне сілы дзеяння экалагічных фактараў. Пры гэтым у паводзінскай рэакцыі можа быць задзейнічана альбо толькі нейкая функцыя або орган, альбо ўвесь арганізм. Напрыклад, пры сустрэчы драпежніка і ахвяры ахвяра пужаецца і часта вымушана ратавацца бегствам. Пры гэтым у адказнай рэакцыі ахвяры прымае ўдзел большасць сістэм органаў: нервовая, дыхальная, апорна-рухальная, крывяносная, стрававальная. Гэта, па сутнасці, і ёсць той сумарны адказ на знешняе ўздзеянне, які і прынята называць паводзінамі.

Вядома, што пэўныя паводзінскія рэакцыі выклікаюцца не толькі знешнім, але і ўнутраным уздзеяннем. Так, пры працяглай адсутнасці ежы ў крыві драпежніка зніжаецца колькасць пажыўных рэчываў (глюкозы, амінакіслот). Гэты недахоп успрымаецца хемарэцэптарамі і далей пры дапамозе нервовых імпульсаў ідзе ў цэнтр голаду галаўнога мозга. Такім чынам, у драпежніка фарміруецца адчуванне голаду, якое штурхае яго на пошук здабычы.

У залежнасці ад эвалюцыйнага становішча арганізма паводзінскія рэакцыі і сродкі дасягнення пэўных патрэб розныя. У той жа час адзіным для ўсіх арганізмаў з'яўляецца тое, што патрэба, якая ўзнікла, падштурхоўвае да дзеяння, накіраванага на яе задавальненне. Такое пабуджэнне да дзеяння называецца ***матывацыяй***. Напрыклад, пры зніжэнні колькасці корму ў асяроддзі пражывання і аднаклетачныя пратысты, і драпежныя млекакормячыя здольны праяўляць падобныя дзеянні. Яны змяняюць тэрыторыю пошуку, пераходзяць на новыя ўчаст-

кі. Такім чынам, ажыццяўляюцца падобныя паводзінскія акты, хоць іх механізмы розныя.

Паводзіны адыгрываюць вельмі важную ролю ў выжыванні жывых арганізмаў. Безумоўна, паводзінскія рэакцыі самыя хуткія і характарызуюць фізіялагічны стан арганізма. Напрыклад, ад прамых сонечных прамянёў чалавеку прасцей схавацца ў цень, чым чакаць, пакуль скура загарыць і стане менш адчувальнай.

Узроўні паводзін і эвалюцыя. Вылучаюць пяць узроўняў (формаў) паводзін, характэрных для жывёл. Іх можна аб'яднаць у дзве групы: прыроджаныя і набытыя. Да прыроджаных адносяцца пастаянныя (стэрэатыпныя) формы паводзін — *таксісы, рэфлексы* і *інстынкты*. Яны практычна не мяняюцца на працягу жыцця і часцей за ўсё носяць спадчынны характар. Набытымі формамі паводзін з'яўляюцца тыя, якія развіваюцца на працягу жыцця індывіда, — *навучанне* і *разумовая дзейнасць*. Па меры ўскладнення арганізацыі прыроджаныя формы паводзін паступова саступаюць месца для набытых. Напрыклад, таксісы часцей праяўляюцца ў пратыстаў, у меншай ступені — у чарвей і знікаюць у прымітыўных млекакормячых. У пчол пераважаюць інстынктыўныя паводзіны, а ў сабак яны змяняюцца здольнасцямі да навучання. Вышэйшы ўзровень — разумовая дзейнасць пачынае фарміравацца ў ніжэйшых млекакормячых, узмацняецца ў вышэйшых прыматаў і максімальная ў чалавека.

Прыроджаныя формы паводзін (таксісы, рэфлексы, інстынкты) з'яўляюцца карыснымі для жыццядзейнасці рэакцыямі арганізма. Яны сфарміраваліся і замацаваліся ў генатыпе ў выніку дзеяння натуральнага адбору. Дадзеныя формы паводзін вельмі разнастайныя і пастаянныя для відаў, а таксама для больш буйных таксанамічных адзінак (родаў, сямействаў, атрадаў). Таму прыроджаныя формы паводзін можна выкарыстаць у якасці сістэматычнай прыкметы пры класіфікацыі жывёл. Напрыклад, прадстаўнікі сямейства воўчых на паляванні выкарыстоўваюць працяглую пагоню, заснаваную на вынослівасці і знясіленні ахвяры. Прадстаўнікі ж каціных аддаюць перавагу чакальнаму спосабу палявання. Яны накідваюцца на ахвяру, падсцерагаючы яе ў сховішчы.

Мал. 85. Хематаксіс у насякомых: матылі зляцеліся на саладкаватую вадкасць, якую выдзелілі расліны

Прасцейшай прыроджанай формай паводзін з'яўляюцца таксісы (мал. 85).

Таксіс — форма прасторавай арыентацыі арганізмаў у адносінах да крыніцы раздражнення. Калі рух ажыццяўляецца да крыніцы раздражнення — гэта станоўчыя таксісы, калі ў процілеглы бок — адмоўныя. У залежнасці ад прыроды раздражняльніка выдзяляюць фота-, тэрма-, хематаксісы і інш. Прыкладам станоўчага тэрматаксісу служыць вялікая колькасць водных беспазваночных у верхніх, найбольш прагрэтых участках вадаёма. Станоўчым хематаксісам з'яўляецца распазнаванне насякомымі палавых партнёраў, а таксама месцаў свайго пражывання нават на значным аддаленні ад іх. Адмоўным таксісам будзе, напрыклад, рух анаэробных бактэрый убок ад павышанай канцэнтрацыі кіслароду.

Рэфлексы ўяўляюць сабой стэрэатыпныя рэакцыі арганізма на пэўныя ўздзеянні, якія адбываюцца пры ўдзеле нервовай сістэмы. Яны могуць быць накіраваны на задавальненне патрэб арганізма ў ежы, вадзе, бяспецы і інш. *Безумоўныя* рэфлексы аднолькавыя ва ўсіх жывёл аднаго віду, і менавіта на іх заснаваны ўсе формы прыроджаных паводзін. *Умоўныя* рэфлексы, адкрытыя І. П. Паўлавым, ляжаць у аснове навучання — набытай формы паводзін. Іх фарміраванне можна разглядаць як звяно паміж прыроджанымі і набытымі формамі паводзін. Прыкладам рэфлекторнай формы паводзін можа быць пасіўна-абараняльны рэфлекс у жывёл. У дадзеным выпадку жывёла замірае пры з'яўленні драпежніка або незнаёмым гуку.

Цікавай формай стэрэатыпных паводзін з'яўляюцца ***інстынкты*** — ланцугі складаных безумоўных рэфлексаў. Інстынкты ўзніклі ў працэсе эвалюцыі ў якасці прыстасаванняў да тыповых умоў існавання віду. Дзякуючы спадчыннай замацаванасці інстынкты праяўляюцца ў любы момант жыццядзейнасці арганізма і не патрабуюць спецыяльнага навучання. Інстынктыўныя паводзіны накіраваны на павышэнне выжывальнасці арганізмаў. Прыкладам інстынктаў з'яўляецца дзейнасць насякомых, птушак і іншых жывёл па здабыванні ежы, будаўніцтве гнёздаў, вывядзенні патомства. Пры будаўніцтве гнязда пеўчы дрозд, напрыклад, змазвае латочак глінай, а дрозд белабровік гэтага не робіць. Сініца рэмез будуе з расліннага пуху складанае гняздо ў выглядзе мяшочка, падвешанага да галін дрэва. У млекакормячых толькі што народжаныя дзіцяняты адразу пачынаюць смактаць мацярынскае малако. Птушаняты лебедзяў і качак, толькі вылупіўшыся, ужо ўмеюць плаваць.

Індывідуальна набытыя формы паводзін (навучанне, разумовая дзейнасць). Пералічаныя прыроджаныя формы паводзін забяспечваюць прыстасаванасць арганізма для задавальнення асноўных жыццёвых патрэб пры нязменных умовах знешняга асяроддзя. Для выжывання ў дынамічна зменлівых умовах арганізмам неабходна змяняць свае паводзінскія рэакцыі. Гэтай здольнасцю ў форме набытых умоўных рэфлексаў у найбольшай ступені валодаюць птушкі і мле-

Мал. 86. Набытыя формы паводзін: *1* — імпрынтынг (захаванне ў памяці), *2* — прывыканне, *3* — імітаванне

какормячыя. У дадзеным выпадку жывёла вучыцца рэагаваць на новы, абыякавы ў старых умовах стымул.

Навучанне — прыстасавальнае змяненне паводзін у выніку папярэдняга вопыту, за кошт якога дасягаецца індывідуальнае прыстасаванне жывых арганізмаў да асяроддзя пражывання.

Прасцейшым спосабам індывідуальнага навучання ў прыродзе з'яўляецца *метад спроб і памылак*. Напрыклад, маладое птушаня, якое зляцела з гнязда, будзе спрабаваць злавіць асу, пакуль не пераканаецца, што гэта ярка афарбаванае насякомае неядомае. Гэтак жа жабы адмаўляюцца ад з'ядання насякомых з перасцерагальнай афарбоўкай, калі раней з імі ўжо сустракаліся.

Для цеплакроўных жывёл характэрна цікавая форма навучання — *імпрынтынг* (*захаванне ў памяці*) (мал. 86, *1*). Захаваннем у памяці з'яўляецца рух дзіцянят за аб'ектам іх пастаяннай увагі, напрыклад за маці. Аднак калі качаняці, якое толькі што вылупілася, прадставіць іншы аб'ект, які рухаецца, качаня пойдзе за ім. Калі ў далейшым птушаняці будзе прадстаўлена ўласная маці, яно ўсё роўна пойдзе за першапачатковым аб'ектам, захаваным у памяці. Захаванне ў памяці фарміруецца выключна ў раннім узросце. Калі яно не ўзнікае адразу, гэты від навучання можа ўвогуле не развівацца.

Простай формай навучання з'яўляецца *прывыканне* (мал. 86, *2*). Яно развіваецца пры працяглым паўтарэнні непадмацаваных стымулаў. Напрыклад, птушкі, якія збіраюць на полі корм, з цягам часу перастаюць рэагаваць на сельскагаспадарчую тэхніку, якая працуе. Гэты від навучання дазваляе жывёлам з ранняга ўзросту адрозніваць нейтральныя фактары навакольнага асяроддзя і не рэагаваць на іх.

У птушак і млекакормячых развіта *імітаванне* (мал. 86, *3*), якое таксама з'яўляецца прыстасавальнай паводзінскай рэакцыяй. Напрыклад, маладыя тыгры, палюючы, імітуюць дарослых пры высочванні і падкрадванні да ахвяры. Імітаванне адыгрывае важную ролю ў паводзінах чалавека. Так, маленькія дзе-

ці несвядома імітуюць старшых братоў і сясцёр, падлеткі — настаўнікаў або куміраў.

Вышэйшай прыстасавальнай формай паводзін, найбольш развітай у чалавека, з'яўляецца разумовая дзейнасць.

Разумовая дзейнасць — здольнасць да выканання адаптыўнага паводзінскага акта ў сітуацыі, якая склалася.

У аснове разумовай дзейнасці ляжыць мысленне. *Мысленне — від разумовай дзейнасці, якая заключаецца ў пазнанні сутнасці прадметаў і з'яў і вызначэнні заканамерных сувязей і адносін паміж імі.* Акрамя чалавека, толькі вышэйшыя прыматы выявілі здольнасць рашаць мысліцельныя задачы з мінімальнай колькасцю паўтораў.

Напрыклад, шымпанзэ, спрабуючы дастаць банан, падвешаны да столі клеткі, выкарыстоўвае драўляную скрыню ў якасці апоры. Стараючыся максімальна наблізіць скрыню да мэты, малпа ставіць яе на рабро. Пры гэтым адлегласць да банана безумоўна скарачаецца. Задачы на элементарную разумовую дзейнасць на аснове мысліцельных працэсаў рашаюць і некаторыя пароды сабак. Так, сабакі пастухоў могуць самастойна сабраць статак, разбіць яго на пэўныя групы, знайсці і вярнуць жывёл, якія адсталі, і інш.

Мысленне дазваляе чалавеку адаптавацца да ўмоў асяроддзя, якія мяняюцца, без метаду спроб і памылак. Яно дазваляе вызначыць лагічную сувязь паміж вывучаемымі прадметамі і з'явамі. Дзякуючы мысленню чалавек здольны бесперапынна папаўняць запас паняццяў і ўяўленняў аб навакольным свеце. Толькі чалавек здольны фармуляваць новыя суджэнні і вывады. Дзякуючы мысленню чалавек з ранняга ўзросту можа ўспрымаць інфармацыю ў выглядзе сімвалаў (літар і слоў). Здольнасць мысліць — адна з самых важных паводзінскіх адаптацый чалавека. Нездарма старажытныя мудрацы казалі: «Мыслю — значыць існую».

Паводзіны — сукупнасць усіх дзеянняў арганізма. Формы паводзін бываюць прыроджаныя і набытыя. Да прыроджаных адносяцца пастаянныя (стэрэатыпныя) формы паводзін — таксісы, рэфлексы і інстынкты. Яны не мяняюцца на працягу жыцця і носяць спадчынны характар. Набытымі формамі паводзін з'яўляюцца тыя, якія развіваюцца на працягу жыцця індывіда, — навучанне і разумовая дзейнасць.

1. Што такое паводзіны? Ахарактарызуйце асаблівасці паводзін жывёл, выкліканыя знешнімі і ўнутранымі ўздзеяннямі. **2.** Якія ўзроўні (формы) паводзін вам вядомы? Як яны змяняюцца ў працэсе эвалюцыі жывёльнага свету? **3.** Ахарактарызуйце прыроджаныя формы паводзін. Прывядзіце прыкла-

ды таксісаў і інстынктаў. **4.** Апішыце індывідуальна набытыя формы паводзін. Які эксперымент можна паставіць для доказу таго, што малпы валодаюць разумовай дзейнасцю? **5.** Начныя матылі дзякуючы інстынктам збіраюць нектар са светлых кветак, якія добра відаць ноччу. Прывядзіце прыклад, калі нават у начных умовах дадзены інстынкт будзе немэтазгодным. Адказ растлумачце.

§ 43. Інстынктыўныя і грамадскія паводзіны жывёл

Інстынктыўныя паводзіны беспазваночных і пазваночных жывёл. Сярод беспазваночных жывёл інстынктыўная дзейнасць найбольш развіта ў вышэйшых прадстаўнікоў членістаногіх: насякомых і павукападобных. У іх інстынктах можна адзначыць шэраг дзеянняў, якія дакладна адрэгуляваны і строга паўтараюцца.

Прыкладам складанага інстынкту насякомых можа быць інстынкт клопату аб патомстве аднаго з відаў вос — *сфекса*. Гэта можна паказаць у выглядзе наступнага алгарытму: капанне норкі   пошук здабычы   захоп і абезрухоўліванне здабычы ядам   перанос здабычы ў норку   адкладванне ў здабычу яйка з будучай лічынкай   закрыццё норкі   капанне норкі для новай здабычы. Гэты інстынкт дазваляе лічынцы атрымліваць свежую ежу, якая не псуецца на працягу ўсяго яе жыцця.

Усе этапы інстынктыўнай дзейнасці беспазваночных спадчынныя і пастаянныя. Таму інстынкты парой не дазваляюць ім хутка прыстасоўвацца да зменлівых умоў асяроддзя.

У пазваночных жывёл, асабліва млекакормячых, інстынктыўныя паводзіны не адбываюцца самі па сабе. Для гэтага павінна ўзнікнуць адпаведная біялагічная цяга (матывацыя).

Напрыклад, галодны драпежнік актыўна даследуе навакольнае асяроддзе. З дапамогай органаў пачуццяў ён адшуквае знешнія сігналы, якія дапамогуць задаволіць патрэбу, што ўзнікла. Гэта пошукавая фаза інстынктыўнага паводзінскага акта па здабыванні ежы. Знешні выгляд або голас выяўленай здабычы з'яўляецца своеасаблівым пускавым раздражняльнікам. Дадзены раздражняльнік выклікае ў драпежніка пэўную паслядоўнасць рухальных рэакцый: падкрадванне, нападзенне, схопліванне, умярцвенне ахвяры. Інстынктыўныя дзеянні, якія заключаюцца ў акце ежы, практычна аднолькавыя для ўсіх драпежнікаў.

У цэлым як для беспазваночных, так і для пазваночных жывёл інстынктыўныя рэакцыі карысны толькі пры пастаянстве ўмоў навакольнага асяроддзя. Пры іх змяненні гэтыя рэакцыі робяцца немэтазгоднымі. Напрыклад, інстынкт абароннай рэакцыі вожыка (згортванне ў калючы клубок) губляе свой сэнс, калі ён аказваецца на аўтатрасе.

Грамадскія паводзіны жывёл: групавы спосаб жыцця, сацыяльная іерархія асобін. Для павышэння выжывальнасці жывёлы здольны ўтвараць групы, якія адрозніваюцца ступенню пастаянства і арганізацыі. Вылучаюць шэраг прычын аб'яднання жывёл у групы. *Па-першае*, у групе прасцей абараняцца ад драпежнікаў. *Па-другое*, у групе прасцей адшукаць палавога партнёра. *Па-трэцяе*, у межах групы ёсць магчымасць перадачы вопыту маладым асобінам шляхам імітавання і навучання. У той жа час у вялікіх групах жывёл рэзка ўзрастае ступень канкурэнцыі за корм, тэрыторыю, палавых партнёраў. Таму перавагі жыцця ў групе павінны дапаўняцца формамі ўзгодненых паводзін пэўных асобін. Такія формы групавых паводзін могуць узнікаць толькі ў жывёл з высокаарганізаванай нервовай сістэмай і развітымі органамі пачуццяў.

Мал. 87. Выпадковая група: зграя саранчы

Вучоныя вылучаюць розныя тыпы груп жывёл. Часам групы носяць ***выпадковы характар***. Гэта звязана, як правіла, са спрыяльнымі ўмовамі асяроддзя пражывання, якія і прыцягваюць жывёл. Напрыклад, часта можна назіраць вялікую колькасць мух на добра праграваемых паверхнях. Іншым прыкладам такой групы можа быць мноства саранчы (да 2,5 млрд асобін) ва ўмовах спрыяльнай кармавой базы (мал. 87).

Выпадковыя групы ўяўляюць сабой простую сукупнасць жывёл. Жывёлы ў іх слаба ўзаемадзейнічаюць адна з адной, і такія групы могуць хутка распадацца.

Большасць груп жывёл фарміруецца для сумеснага задавальнення патрэб у ежы, тэрыторыі, размнажэнні і інш. У гэтым выпадку паміж пэўнымі асобінамі групы ўстанаўліваюцца асаблівыя сувязі, якія забяспечваюць доўгачасовасць іх існавання. Утвараюцца групы з сацыяльнай іерархіяй.

Сацыяльная іерархія — сістэма сувязей паміж членамі групы ў выглядзе супадпарадкавання асобін адна адной.

Сацыяльная іерархія вельмі часта прасочваецца ў статках аленяў, сем'ях малпаў, мурашак. Напрыклад, у аленевым статку вылучаюцца важакі. Гэта, як правіла, найбольш вопытныя і старыя асобіны, якія забяс-

Мал. 88. Група з сацыяльнай іерархіяй асобін: статак аленяў

печваюць кіраўніцтва ў групе. Яны заўсёды займаюць пазіцыі лідара, знаходзяцца наперадзе статку, найбольш уважлівыя (мал. 88). Алені, якія размяшчаюцца па баках статку, адрозніваюцца павышанай трывожнасцю і насцярожанасцю. Дадзеная асаблівасць дае ім магчымасць хутка інфармаваць суродзічаў аб небяспецы.

Прыклад групы з сацыяльнай іерархіяй у беспазваночных жывёл можна назіраць у мурашніку. Сям'я мурашак — гэта аб'яднанне тысяч, а часам і мільёнаў асобін. Іх агульнымі намаганнямі будуецца гняздо, выкормліваецца шматлікае патомства, ахоўваецца мурашнік. Усё гэта магчыма дзякуючы падпарадкаванню ўсіх жыхароў мурашніка галоўнай мэце — захаванню і працвітанню сям'і. Так, рабочыя мурашкі-фуражыры здабываюць ежу ў колькасці, якая ў шмат разоў перавышае іх індывідуальныя патрэбы. Мурашкі-насільшчыкі пераносяць лічынак, кукалак і самак з адной часткі гнязда ў другую. Роля самцоў зводзіцца да апладнення маладых крылатых самак. Самцы, як правіла, пасля спарвання гінуць. Аплодненыя самкі скідаюць крылы і або засноўваюць новую сям'ю, або застаюцца ў сваім мурашніку. Працягласць жыцця мурашынай самкі максімальная для свету насякомых і складае прыкладна 20 гадоў. Часам маладых самак прымаюць у іншыя ўжо існуючыя сем'і свайго віду.

Сацыяльная іерархія ў межах групы можа змяняцца. Гэта, як правіла, звязана са старэннем асобін-лідараў і выцясненнем іх маладымі.

Інстынкты жывёл — паводзінскія адаптацыі да ўмоў існавання, якія найбольш мэтазгодны пры пастаянстве ўмоў навакольнага асяроддзя. Для павышэння выжывальнасці і задавальнення патрэб жыццядзейнасці жывёлы здольныя ўтвараць групы. Адрозніваюць выпадковыя групы і групы з сацыяльнай іерархіяй асобін.

1. Ахарактарызуйце асаблівасці інстынктыўных паводзін жывёл. У чым, на ваш погляд, праяўляецца адноснасць інстынктаў? **2.** Чым абумоўлена аб’яднанне жывёл у групы? Якія віды групавога спосабу жыцця вам вядомы? **3.** Ахарактарызуйце прынцыпы пабудовы сацыяльнай іерархіі ў сямейных групах малпаў, мурашак. **4.** Прыкладам групы з сацыяльнай іерархіяй можа быць зграя ваўкоў. Апішыце, дзе размяшчаюцца і якія функцыі выконваюць розныя асобіны ў воўчай зграі. Спрагназуйце, што можа адбыцца са зграяй ваўкоў у выпадку гібелі важака.

§ 44. Паводзіны чалавека

Паводзіны чалавека як сацыябіялагічнага віду. Чалавек разумны з’яўляецца адным з відаў царства Жывёлы. Для яго, як для біялагічнага віду, характэрны ўсе патрэбы жывёл: у кіслародзе, ежы, вадзе, размнажэнні і інш. Разам з тым, як вы ўжо ведаеце, чалавек мае шэраг рысаў, якія адрозніваюць яго ад жывёл. Дадзеныя адрозненні выклікалі і новыя патрэбы чалавека, не характэрныя для жывёл.

Іерархічную сістэму патрэб чалавека добра ілюструе піраміда патрэб, прапанаваная амерыканскім псіхолагам А б р а х а м а м   М а с л о у (мал. 89, с. 192). Па меры задавальнення патрэб чалавека, якія ляжаць у аснове піраміды, усё больш актуальнымі становяцца патрэбы больш высокага ўзроўню. Часцей за ўсё паслядоўнасць задавальнення патрэб адпавядае іх іерархіі ў пірамідзе.

Аднак менавіта для чалавека характэрны выпадкі, калі патрэбы больш высокага рангу задавальняюцца на фоне незадавальнення надзённых фізіялагічных патрэб. Гэта можна праілюстраваць на прыкладзе жыхароў блакаднага Ленінграда ў гады Вялікай Айчыннай вайны. Ленінградцы галадалі, аднак захавалі ўнікальную калекцыю насення розных сартоў культурных раслін. Або ў канцэнтрацыйных фашысцкіх лагерах людзі знаходзілі ў сабе сілы весці падпольную антыфашысцкую барацьбу. Дадзеныя прыклады з’яўляюцца сведчаннем таго, што нават у крытычныя мінуты жыцця ў чалавека ёсць магчымасць да самарэалізацыі ў грамадстве.

Мал. 89. Піраміда патрэбнасцей

Чалавек у сацыяльным асяроддзі. Нормы паводзін. ***Сацыяльнае асяроддзе*** — канкрэтныя грамадскія адносіны, традыцыі, маральныя і прававыя ўстаноўкі, пры якіх жыве чалавек. Такім чынам, сацыяльнае асяроддзе — гэта людзі, аб'яднаныя ў розныя групы, з якімі кожны чалавек знаходзіцца ў спецыфічных адносінах і зносінах. Сацыяльнае асяроддзе ўздзейнічае на чалавека, падпарадкоўвае грамадскай думцы, захапляе, а таксама прымушае да пэўнай накіраванасці сацыяльных паводзін.

Навуковыя веды, жыццёвы вопыт, матывы розных учынкаў, якія чалавек чэрпае з сацыяльнага асяроддзя, з'яўляюцца вядучымі ў фарміраванні асобы чалавека. На аснове асабістых якасцей (узровень адукацыі, мэтанакіраванасць, арганізацыйныя здольнасці і інш.) кожнаму чалавеку належыць у грамадстве пэўнае месца. Акрамя сацыяльнага асяроддзя ў шырокім сэнсе слова, якое мае на ўвазе ўсё грамадства, вылучаюць і малыя сацыяльныя асяроддзі. Да іх адносяць сям'ю, клас, працоўны калектыў, членам якога з'яўляецца дадзены чалавек.

У якасці сацыяльнага асяроддзя чалавека можна разглядаць і нефармальныя групы людзей. Нефармальная група — гэта спантанна ўзніклая група людзей, якія рэгулярна ўступаюць ва ўзаемадзеянне для дасягнення пэўнай мэты. Прычыны аб'яднання людзей розныя: пачуццё далучанасці, дапамога, абарона, зносіны. Напрыклад, па ініцыятыве Беларусі пры ААН была створана нефармальная Група сяброў па барацьбе з гандлем людзьмі. У яе ўвайшлі

22 дзяржавы, якія прадстаўляюць усе рэгіёны свету. Дадзеная група — гэта адкрытае, нефармальнае і добраахвотнае аб'яднанне людзей, створанае для актывізацыі міжнароднай дзейнасці па барацьбе з гандлем людзьмі. У нашай краіне можна таксама вылучыць сацыяльна актыўныя нефармальныя групы з пазітыўна накіраванай дзейнасцю: групы экалагічнай абароны, аховы помнікаў і інш.

За час развіцця чалавечай цывілізацыі былі выпрацаваны пэўныя нормы паводзін людзей у розных грамадскіх групах. Яны грунтуюцца на нацыянальных традыцыях, звычаях, сацыяльным і саслоўным дзяленні людзей, нормах маралі, веравызнанні і інш. Няўхільнае выкананне ўсіх нормаў паводзін і законаў забяспечвае гарманічнае развіццё грамадства.

Сурагатныя зносіны. У апошнія гады ў жыццё чалавека ўсё больш уваходзяць камп'ютарныя тэхналогіі. Спецыялісты заклапочаны тым, што камп'ютары замяняюць рэальныя слоўныя і духоўныя зносіны паміж людзьмі. ***Сурагатныя зносіны*** — новы від зносін і атрымання інфармацыі сродкамі камп'ютарнай тэхнікі (мал. 90). Асноўная доля сурагатных зносін ажыццяўляецца праз сетку Інтэрнэт і віртуальны свет камп'ютарных гульняў. Вучоныя лічаць, што зносіны праз Інтэрнэт не садзейнічаюць пашырэнню міжасобасных кантактаў і кругагляду. Акрамя таго, зніжаецца магчымасць да самарэалізацыі асобы чалавека ў грамадстве.

Мал. 90. Сурагатныя зносіны

Вучоныя папярэджваюць аб залішнім захапленні забаўляльнымі інтэрнэт-сайтамі і камп'ютарнымі гульнямі. Лічыцца, што гэта можа негатыўна ўплываць як на фізічнае здароўе, так і на псіхіку чалавека. У падлеткаў часам адзначаецца агрэсіўнасць да навакольных людзей. Празмернае захапленне камп'ютарнымі гульнямі таксама можа парушыць работу сардэчна-сасудзістай сістэмы і нават прывесці да псіхічных адхіленняў.

Сур'ёзнай праблемай сучаснасці стала залежнасць чалавека ад мабільных тэлефонаў — *намафобія*. Вучоныя Вялікабрытаніі паказалі, што больш чым 50 % англічан адчуваюць панічны страх застацца ў адзіноце. А крыніцай дадзенага страху з'яўляецца мабільны тэлефон, які маўчыць. У прыступах намафобіі людзі адзначаюць у сябе панічныя атакі, млосць, недахоп кіслароду, пякучы боль у грудзях.

Антыграмадскія паводзіны. На жаль, у грамадстве нярэдкія выпадкі ***антыграмадскіх паводзін*** — учынкаў асобы або групы людзей, якія парушаюць афіцыйна ўстаноўленыя ў грамадстве прававыя нормы. Напрыклад, у цяперашні час атрымалі распаўсюджванне нефармальныя групы балельшчыкаў — фан-клубы. На жаль, парой гэта не проста балельшчыкі, а прапагандысты экстрэмізму, насілля і міжнацыянальнай варожасці.

Крайне негатыўнай формай антыграмадскіх паводзін з'яўляецца наркаманія, якая прыводзіць да дэградацыі не толькі асобнага чалавека, але і грамадства ў цэлым. Наркотыкі разбураюць здароўе чалавека. Наркаманы падвяргаюцца вельмі небяспечным захворванням: СНІДу; гепатытам; сепсісу (заражэнню крыві) і інш. Яны гінуць маладымі. Каб атрымаць наркотыкі, наркаманы спрабуюць раздабыць грошы шляхам краж і грабяжоў, што выклікае рост злачыннасці. Дадзеная з'ява катэгарычна недапушчальная ў чалавечым грамадстве.

У выпадку парушэння правіл грамадскіх паводзін і заканадаўчых актаў уступаюць у сілу меры ўздзеяння: ад вымовы да суровай крымінальнай адказнасці.

Паводзіны чалавека і прыроднае асяроддзе. Паводзіны чалавека ў прыродным асяроддзі сёння ў найбольшай ступені вызначаюцца законамі і мараллю грамадскіх адносін. У сучасным свеце залежнасць чалавека ад прыроды практычна мінімальная. Так, амаль усё сучаснае жыллё мае неабходныя сістэмы жыццезабеспячэння. Чалавек выкарыстоўвае адзенне, адпаведнае сезону, карыстаецца сучасным медыцынскім і інфармацыйным абслугоўваннем. Навуковыя дасягненні дазволілі чалавеку засяліць практычна ўсю прыдатную для жыцця тэрыторыю планеты. Чалавек навучыўся паспяхова процістаяць хваробам і асвоіў касмічную прастору. Людзі значна пашырылі спектр ужываемых прадуктаў харчавання. У іх рацыёне цяпер не толькі ежа прыроднага паходжання, але і шэраг прадуктаў сельскагаспадарчай і прамысловай вытворчасці.

Адваротным бокам навукова-тэхнічнага прагрэсу з'яўляецца падпарадкаванне прыроднага асяроддзя выключна патрэбам чалавека. У выніку паводзіны чалавека ў прыродным асяроддзі часта прыносяць асяроддзю вялікую шкоду. Таму чалавечаму грамадству ў бліжэйшы час неабходны тэрміновы пераход ад далейшага авалодвання прыродай да гарманічных узаемаадносін з ёй. Вядучая роля ў гэтым працэсе павінна належаць чалавечаму розуму — самай магутнай сіле на планеце Зямля.

Паводзіны чалавека ў грамадстве вызначаюцца нормамі паводзін, якія склаліся гістарычна. Няўхільнае выкананне ўсіх прававых нормаў і законаў забяспечвае гарманічнае развіццё грамадства і ўзаемаадносін чалавека з прыродай. Вядучая роля ў гэтым працэсе павінна належаць чалавечаму розуму — самай магутнай сіле на планеце Зямля.

1. Апішыце, праз задавальненне якіх патрэб павінны будавацца паводзіны чалавека ў грамадстве. У чым вам бачыцца адрозненне ў іерархіі патрэб Чалавека разумнага і неандэртальца? **2.** Чым рэгулююцца паводзіны чалавека ў грамадстве? **3.** У чым, на ваш погляд, заключаецца небяспека сурагатных зносін? **4.** Прапануйце мерапрыемствы, якія неабходна праводзіць у маладзёжным асяроддзі для зніжэння долі сурагатных зносін. **5.** Абгрунтуйце, чаму курэнне можна аднесці да наркаманіі. Падумайце, як найбольш эфектыўна прадухіліць распаўсюджванне наркаманіі ў маладзёжным асяроддзі. Абмяркуйце гэту праблему падчас класнай гадзіны. **6.** Якія мерапрыемствы могуць быць накіраваны на супрацьдзеянне такой форме антыграмадскіх паводзін, як ухіленне ад вучобы?

Раздзел 7

Біясфера — жывая абалонка планеты

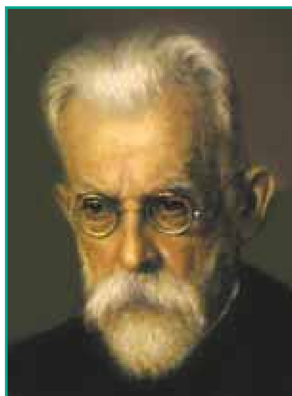
У гэтым раздзеле вы пазнаёміцеся з паняццем біясферы і яе межамі. Разгледзіце асноўны рэчыўны састаў біясферы, а таксама вызначыце ролю жывых арганізмаў у ёй. Вы зможаце ацаніць, наколькі глыбокія ў дадзены момант супярэчнасці паміж патрэбамі сучаснага грамадства і прыродай. На заканчэнне навучыцеся асноўным прынцыпам рацыянальнага прыродакарыстання і аховы прыроды. Атрыманыя пры вывучэнні гэтага раздзела веды дапамогуць вам свядома прымаць удзел у рэалізацыі прыродаахоўных мерапрыемстваў.

§ 45. Паняцце біясферы. Межы біясферы

Паняцце біясферы. Упершыню тэрмін біясфера быў прапанаваны ў 1875 г. аўстрыйскім геолагам Э. Зюсам. Аднак толькі праз пяцьдзясят гадоў рускі геахімік У. І. Вярнадскі стварыў вучэнне аб біясферы.

Біясфера — абалонка Зямлі, створаная жывымі арганізмамі ў выніку жыццядзейнасці і заселеная імі.

У адпаведнасці з вучэннем У. І. Вярнадскага, цяперашні стан планеты Зямля ў значнай меры вызначаецца жыццядзейнасцю жывых арганізмаў, якія пражываюць на планеце. Кругаварот рэчываў, які ажыццяўляецца з іх удзелам, з'яўляецца вядучым фактарам, што стабілізуе стан планеты на дадзеным этапе існавання.



Межы біясферы вызначаюцца ўмовамі існавання жыцця. Да іх адносяць: неабходную для жыццядзейнасці колькасць вады, мінеральных рэчываў, кіслароду, вуглякіслага газу, а таксама спрыяльны тэмпературны рэжым, ступень салёнасці вады ў вадаёмах, узровень радыяцыі і інш. Усе гэтыя ўмовы найлепшым чынам рэалізуюцца ў месцах сутыкнення трох нежывых абалонак планеты — атмасферы, літасферы і гідрасферы.

У. І. Вярнадскі (1863—1945) — рускі прыродазнавец, заснавальнік комплексу навук пра Зямлю — геахіміі, біягеахіміі, радыялогіі, гідрагеалогіі і інш.

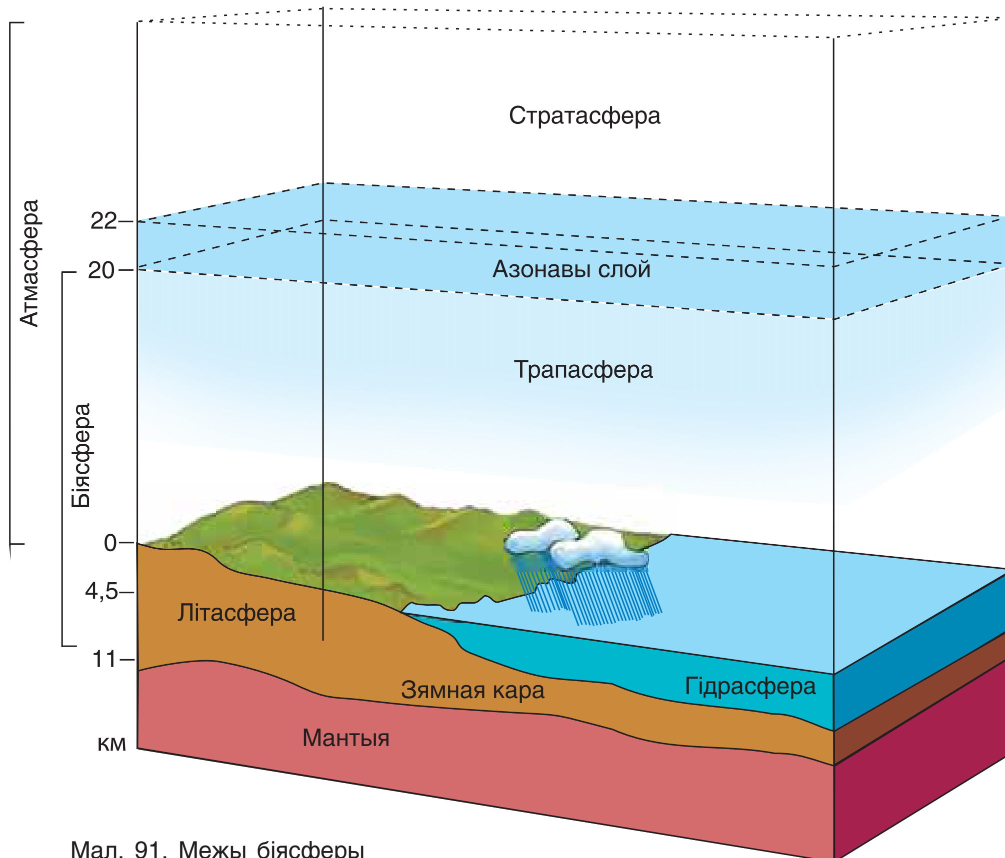
Таму біясфера як жывая абалонка планеты размяшчаецца ў межах пералічаных сфер. Яна займае паміж імі прамежкавае становішча і ў той жа час з'яўляецца іх часткай (мал. 91).

Атмасфера — паветраная абалонка Зямлі. Газавы састаў атмасферы падаецца ў табліцы 10.

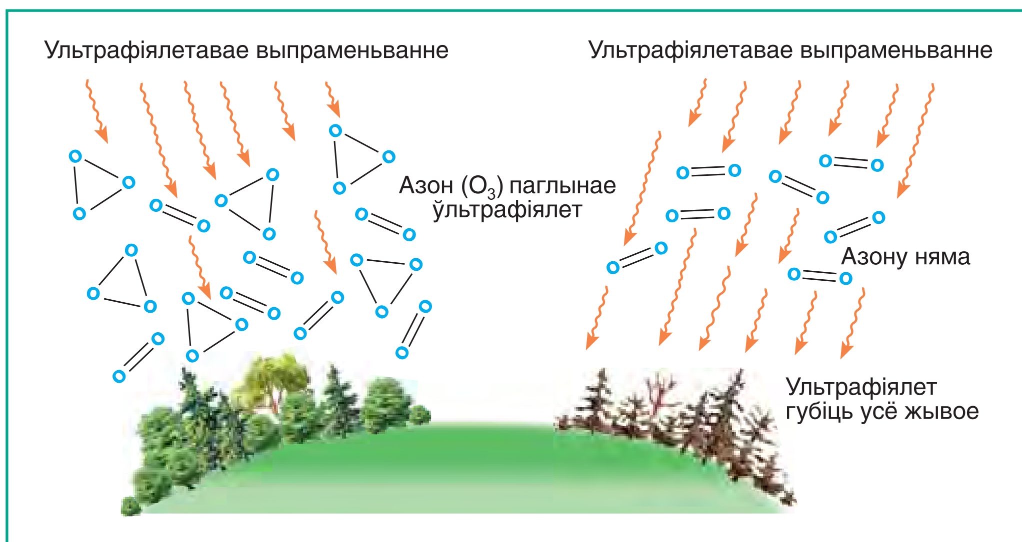
Табліца 10. **Газавы састаў атмасферы**

Газ	Утрыманне, %
Азот	78
Кісларод	21
Аргон і іншыя газы	менш 1
Вуглякіслы газ	каля 0,04

У якасці прымесі ў атмасферы ў вялікай колькасці змяшчаюцца вадзяныя пары. Яны разам з вуглякіслым газам, метанам, аксідамі азоту (парніковыя газы) удзельнічаюць у награванні ніжняга слоя атмасферы, фарміруючы парніковы эфект. Сутнасць парніковага эфекту заключаецца ў здольнасці атмасферы прапускаць да паверхні Зямлі сонечныя пра-



Мал. 91. Межы біясферы



Мал. 92. Абарончая роля азону ў атмасферы

мяні і з дапамогай парніковых газаў паглынаць адлюстраванае ад яе цеплавое выпраменьванне. У выніку з павелічэннем вышыні тэмпература атмасферы зніжаецца, а яе ніжнія слаі застаюцца цёплымі.

Распаўсюджванне жыцця ў атмасферы абмяжоўваецца ў асноўным яе ніжнім слоем — *трапасферай*. Як вядома з курсу геаграфіі, вышыня трапасферы вагаецца ад 8—10 км на полюсах да 18—20 км на экватары (гл. мал. 91). Напрыклад, верхняя мяжа палёту птушак знаходзіцца на вышыні каля 7 км; насякомыя ў паветраным асяроддзі ўзнімаюцца не вышэй 6 км. Фотасінтэзуючыя расліны не растуць у гарах вышэй 6 км з-за нізкага ўтрымання вуглякіслага газу і адсутнасці вады.

Канцэнтрацыя азону (O_3), які ўтвараецца з кіслароду пад уздзеяннем сонечнай радыяцыі, на вышыні 20—22 км максімальная. У той жа час утрыманне азону крайне малое і складае каля $1 \cdot 10^{-4}$ % ад газавага саставу атмасферы. Тым не менш малекулы азону фарміруюць вакол планеты ахоўны экран, які абараняе ўсё жывое на Зямлі ад згубнага дзеяння ўльтрафіялетавага выпраменьвання Сонца (мал. 92).

Вертыкальнае распаўсюджванне жывых арганізмаў у атмасферы за межы азонавага слоя лімітуецца ўльтрафіялетавай радыяцыяй, якая забівае ўсё жывое.

Гідрасфера — водная абалонка Зямлі, якая ўключае ўсе водныя запасы планеты. Састаў гідрасферы пададзены ў табліцы 11.

Табліца 11. **Састаў гідрасферы**

Віды вод	**Аб'ём, млн км^3**	**Колькасць у адносінах да агульнага аб'ёму гідрасферы, %**
Марскія	1370	95,2
Падземныя (за выключэннем глебавай)	34,2	2,5
Лёд і снег (Арктыка, Антарктыда, Грэнландыя, горныя ледавікі)	25,8	1,8
Паверхневыя воды сушы: азёры, вадасховішчы, рэкі, балоты, глебавыя воды	0,5	каля 0,3
Атмасферныя воды	0,015	0,01
Воды, якія змяшчаюцца ў жывых арганізмах	0,00005	0,0003

Жыццё ў гідрасферы распаўсюджваецца фактычна на ўсю глыбіню, уключаючы донныя адклады. Гідрасфера мае максімальную глыбіню ў Сусветным акіяне — Марыянская ўпадзіна Ціхага акіяна (да 11 км). Расліны і звязаныя з імі раслінаедныя жывёлы канцэнтруюцца ў верхніх слаях акіяна на глыбінях да 300 м. Гэта звязана з тым, што лімітуючым фактарам распаўсюджвання жыцця ў гідрасферы для аўтатрофных арганізмаў з'яўляецца дастатковая для фотасінтэзу колькасць святла, здольная пранікаць у воднае асяроддзе.

У той жа час існуе комплекс глыбакаводных жывёл, якія пражываюць на вялікіх глыбінях. Гэта гетэратрофныя арганізмы. Яны спажываюць гатовае арганічнае рэчыва, якое выпадае ў выглядзе асадку з верхніх слаёў гідрасферы (прадукты жыццядзейнасці жывых арганізмаў, мёртвая арганіка і г. д.). Ва ўмовах адсутнасці асвятлення могуць жыць некаторыя чэрві, паліпы, а таксама пратысты і мікраарганізмы. На дне акіянаў сустракаюцца хематрофныя бактэрыі, якія атрымліваюць энергію за кошт акіслення хімічных злучэнняў — вадароду, серы, тлушчаў, парафінаў і інш. Напрыклад, згуртаванні мікраарганізмаў, якія жывуць у акіянскіх тэрмальных крыніцах, з'яўляюцца хемааўтатрофамі і асноўнымі прадуцэнтамі акіянічнага дна.

Літасфера — знешняя цвёрдая абалонка Зямлі. Паверхневы слой літасферы прадстаўлены глебай.

Распаўсюджванне жыцця ў літасферы назіраецца да глыбіні каля 4,5 км, дзе выяўляюцца анаэробныя мікраарганізмы. Пераважная частка жывых арганізмаў літасферы (да 99 %) пражывае непасрэдна ў глебе. Лімітуючым фактарам распаўсюджвання жыцця ў літасферы з'яўляецца высокая тэмпература.

Біясфера — абалонка Зямлі, створаная і заселеная жывымі арганізмамі. Біясфера як вобласць існавання жыцця ахоплівае ўсю гідрасферу да 11 км у глыбіню, ніжнюю частку атмасферы (трапасферу да 20 км у вышыню) і верхнюю частку літасферы глыбінёй да 4,5 км. Лімітуючым фактарам распаўсюджвання жыцця ў атмасферы з'яўляецца ўльтрафіялетавае выпраменьванне, у літасферы — высокая тэмпература, гідрасфера заселена практычна цалкам.

1. Якія межы распаўсюджвання жывых арганізмаў у атмасферы, гідрасферы і літасферы? **2.** Ахарактарызуйце асаблівасці распаўсюджвання жыцця ў межах біясферы. **3.** Растлумачце, чым абумоўлена нераўнамернасць размеркавання жывых арганізмаў у біясферы. **4.** Складзіце схему размеркавання жывых арганізмаў у біясферы з вызначэннем граніц і лімітуючых фактараў.

§ 46. Кампаненты біясферы. Функцыі жывога рэчыва

Класіфікацыя рэчываў, якія ўваходзяць у састаў біясферы. Асноўнымі кампанентамі біясферы з'яўляюцца: жывое, коснае, біякоснае і біягеннае рэчывы.

Жывое рэчыва — важнейшы кампанент біясферы.

Жывое рэчыва — сукупнасць усіх жывых арганізмаў на Зямлі з іх здольнасцю да размнажэння і распаўсюджвання на планеце, да барацьбы за ежу, ваду, тэрыторыю, паветра.

На жывое рэчыва (па масе) прыходзіцца мізэрная доля ў параўнанні з масай Зямлі. Для жывога рэчыва характэрны рост, актыўнае перамяшчэнне, імкненне запоўніць усю навакольную прастору. Акрамя таго, жывому рэчыву ўласцівы дзіўная разнастайнасць формаў, памераў і хімічнага саставу і, канешне ж, эвалюцыя.

Коснае рэчыва прадстаўлена мінераламі (алмаз, ізумруд, кварц) і горнымі пародамі (граніт, мармур). Іх утварэнне адбывалася і адбываецца без удзелу жывога рэчыва. Гэтыя працэсы звязаны, напрыклад, з выветрываннем горных парод, іх механічным разбурэннем, вывяржэннем вулканаў. Паміж косным і жывым рэчывамі існуе неразрыўная ўзаемасувязь. Напрыклад, яна ажыццяўляецца ў працэсе дыхання жывога рэчыва. Пры гэтым адбываецца перамяшчэнне атамаў з косных кампанентаў біясферы ў жывыя і наадварот. Па масе коснае рэчыва біясферы шматразова пераўзыходзіць масу жывога рэчыва.

Біякоснае рэчыва з'яўляецца асаблівым рэчывам біясферы. Яно прадстаўлена глебай, усімі прыроднымі водамі, карой выветрывання. Дадзенае рэ-

чыва з’яўляецца вынікам бесперапыннага ўзаемадзеяння жывога рэчыва з косным.

Праяўленнем дзейнасці жывога рэчыва па пераўтварэнні зямной кары з’яўляецца яго ўдзел у стварэнні асадачных парод арганічнага паходжання (каменны вугаль, розныя руды, вапнякі, нафта). Вынік гэтай работы быў названы У. І. Вярнадскім ***біягенным рэчывам*** біясферы. Біягеннае рэчыва паходзіць ад жывога рэчыва ў выніку яго жыццядзейнасці або адмірання. Так на планеце ствараліся залежы многіх карысных выкапняў: торфу, нафты, вугалю і інш.

Біямаса паверхні сушы, Сусветнага акіяна, глебы. Біямаса ўяўляе сабой агульную масу жывёл, раслін і мікраарганізмаў, якія прысутнічаюць у біясферы. Поўная біялагічная маса Зямлі ацэньваецца прыблізна ў 2420 млрд т. Біямасы жывога рэчыва (зялёных раслін, жывёл і мікраарганізмаў) на сушы мацерыкоў і ў Сусветным акіяне істотна адрозніваюцца (табл. 12).

Табліца 12. **Біямаса жывога рэчыва планеты (у пераразліку на сухое рэчыва)**

Арганізмы	Біямаса жывога рэчыва			
	Мацерыковая частка		Сусветны акіян	
	млрд т	%	млрд т	%
Зялёныя расліны	2400	99,2	0,2	6,3
Жывёлы і мікраарганізмы	20	0,8	3,0	93,7
Усяго	2420	100	3,2	100

Як бачна з табліцы, найбольшая маса жывых арганізмаў біясферы сканцэнтравана на мацерыках (больш за 98,7 %). Уклад акіянічнай часткі ў агульную біямасу невялікі (каля 0,13 %). На сушы значна пераважае жывое рэчыва раслін (больш за 99 %), у акіяне — жывёл (больш за 93 %). У той жа час пры параўнанні іх абсалютных значэнняў: 2400 млрд т раслін і 3 млрд т жывёл — відаць, што жывое рэчыва на планеце ў пераважнай большасці прадстаўлена наземнымі зялёнымі раслінамі. Біямаса гетэратрофных арганізмаў складае ўсяго каля 1 %.

Біямаса сушы павялічваецца ад полюсаў да экватара. Найбольшая біямаса жывога рэчыва сушы сканцэнтравана ў трапічных лясах. Яны з’яўляюцца найбольш прадуктыўнымі згуртаваннямі мацерыковай часткі біясферы.

Сусветны акіян займае больш за 2/3 паверхні планеты. Біямаса ў ім распаўсюджана нераўнамерна і прадстаўлена пераважна ў верхняй частцы планктонам. Біямаса наземных раслін у 1000 разоў пераўзыходзіць агульную масу акіянічных жывых арганізмаў. У той жа час менавіта Сусветны акіян лічыцца самым прадуктыўным асяроддзем па стварэнні біямасы. Гэта звязана з інтэнсіўнымі тэмпамі размнажэння мікраскапічных прадстаўнікоў фіта- і зоапланктону, іх хуткім ростам і кароткай працягласцю жыцця. Таму агульны аб'ём першаснай гадавой прадукцыі, якая ўтвараецца прадуцэнтамі Сусветнага акіяна, супаставімы з аб'ёмам прадукцыі раслін сушы.

Глеба як асяроддзе пражывання характарызуецца ўласнай біямасай, паколькі цесна звязана з жыццядзейнасцю многіх арганізмаў. ***Біямаса глебы*** — сукупнасць жывых арганізмаў, якія пражываюць у глебе і адыгрываюць вядучую ролю ў працэсе яе фарміравання. У глебе шмат мікраарганізмаў, пратыстаў, чарвей, якія разлагаюць арганічнае рэчыва. У паверхневых слаях жывуць зялёныя водарасці і цыянабактэрыі, якія забяспечваюць глебу кіслародам у працэсе фотасінтэзу. Акрамя таго, у глебе жывуць мурашкі, кляшчы, краты, суркі, суслікі і інш. Усе яны вядуць вялікую глебаўтваральную работу, ствараючы ўрадлівасць глебы, а пасля гібелі становяцца крыніцай арганічнага рэчыва для бактэрый. Біямаса глебы, гэтак жа як раслінная біямаса, мае тэндэнцыю да павелічэння ад полюсаў да экватара.

Біягеахімічныя функцыі жывога рэчыва. Выдзяляюць наступныя важнейшыя функцыі жывога рэчыва на планеце: энергетычную, газавую, канцэнтрацыйную, акісляльна-ўзнаўляльную.

Энергетычная функцыя. Энергія з'яўляецца неабходнай умовай існавання і развіцця біясферы. Энергетычная функцыя рэалізуецца перш за ўсё зялёнымі раслінамі. Галоўным пастаўшчыком энергіі ў біясферу з'яўляецца Сонца. Як вы ўжо ведаеце, расліны ў працэсе фотасінтэзу акумулююць сонечную энергію ў хімічных сувязях разнастайных арганічных злучэнняў. Пасля гэтага раслінныя арганізмы пераразмяркоўваюць яе паміж усімі кампанентамі біясферы. Адзначым, што з усёй сонечнай энергіі, якая трапляе ў біясферу, толькі каля 1 % выкарыстоўваецца прадуцэнтамі для фотасінтэзу і далей перадаецца спажыўцам у саставе арганічнага рэчыва. Астатняя паглынаецца атмасферай, гідрасферай і літасферай, а таксама ўдзельнічае ў фізічных і хімічных працэсах, якія адбываюцца ў біясферы, напрыклад: рух паветраных мас, выветрыванне горных парод і інш.

Газавая функцыя заключаецца ў пастаянным газаабмене кіслароду і вуглякіслага газу паміж жывымі арганізмамі і навакольным асяроддзем у працэсе фотасінтэзу і дыхання. Такія газы, як азот, серавадарод, метан, таксама могуць з'яўляцца прадуктамі жыццядзейнасці жывых арганізмаў і мець біягеннае пахо-

джанне. Дзякуючы жывым арганізмам у атмасферы нашай планеты падтрымліваецца пастаянства газавага саставу.

Акісляльна-ўзнаўляльная функцыя заключаецца ў шматграннасці хімічных рэакцый, якія адбываюцца ў арганізме ў працэсе яго жыццядзейнасці. Яна абумоўлена наяўнасцю ў саставе жывых арганізмаў хімічных элементаў з пераменнай ступенню акіслення (марганец, жалеза, хром). Дзякуючы ім і забяспечваецца разнастайнасць гэтых акісляльна-аднаўляльных працэсаў, якія працякаюць у арганізме. У працэсе сінтэзу арганічных рэчываў пераважаюць аднаўленчыя рэакцыі і адбываюцца затраты энергіі. А ў працэсе акіслення і расшчаплення ў прысутнасці кіслароду пераважаюць акісляльныя рэакцыі з выдзяленнем энергіі. Такім чынам, жыццё ў біясферы ўяўляе сабой бесперапынны сінтэз і распад арганічных рэчываў, якія аб'ядноўваюць усе жывыя арганізмы на Зямлі.

Канцэнтрацыйная функцыя — выбіральнае назапашванне жывым рэчывам хімічных элементаў, рассеяных у навакольным асяроддзі. Напрыклад, панцыры дыятомавых водарасцей, шкілеты жывёл, ракавіны малюскаў — усё гэта праявы канцэнтрацыйнай функцыі жывога рэчыва. Утварэнне біягеннага рэчыва біясферы ў выглядзе залежаў карысных выкапняў таксама з'яўляецца вынікам канцэнтрацыйнай функцыі жывога рэчыва.

Асноўнымі кампанентамі біясферы з'яўляюцца: жывое, коснае, біякоснае і біягеннае рэчывы. Найбольшая маса жывых арганізмаў сканцэнтравана на мацерыках, прычым біямаса прадуцэнтаў сушы значна пераважае. У акіянічнай частцы біясферы кансументы па біямасе перавышаюць прадуцэнтаў. Жывыя арганізмы планеты ў працэсе жыццядзейнасці выконваюць энергетычную, газавую, акісляльна-ўзнаўляльную, канцэнтрацыйную функцыі.

1. Ахарактарызуйце тыпы рэчыва, якое ўваходзіць у састаў біясферы. **2.** Прааналізуйце адрозненні ў суадносінах паміж біямасай прадуцэнтаў і кансументаў у Сусветным акіяне і на сушы. **3.** Супастаўце прадукцыйнасць жывога рэчыва Сусветнага акіяна і сушы. Дайце тлумачэнне іх колькасных суадносін. **4.** Ахарактарызуйце асноўныя біясферныя функцыі жывога рэчыва. **5.** Як вядома, кісларод мае тэндэнцыю да памяншэння растваральнасці пры павелічэнні тэмпературы вады. Тым не менш у цёплых паверхневых водах Сусветнага акіяна, паблізу экватара, назіраецца стабільна высокая канцэнтрацыя кіслароду. Як вы можаце растлумачыць прычыны гэтай з'явы?

§ 47. Кругаварот рэчываў у біясферы

Паняцце аб кругавароце рэчываў. ***Кругаварот рэчываў у біясферы — цыклічны працэс сумеснага, узаемазвязанага ператварэння і перамяшчэння рэчываў, якія шматразова паўтараецца.*** Наяўнасць кругавароту рэчываў з'яўляецца неабходнай умовай існавання біясферы. Пасля выкарыстання аднымі арганізмамі рэчывы павінны пераходзіць у даступную для другіх арганізмаў форму. Такі пераход рэчываў ад аднаго звяна да другога патрабуе энергетычных затрат, таму магчымы толькі пры ўдзеле энергіі Сонца. З выкарыстаннем сонечнай энергіі на планеце адбываюцца два ўзаемазвязаныя кругавароты рэчываў: вялікі — геалагічны і малы — біялагічны (біятычны).

Геалагічны кругаварот рэчываў — працэс міграцыі рэчываў, які ажыццяўляецца пад уплывам абіятычных фактараў: выветрывання, эрозіі, руху вод і г. д. Жывыя арганізмы ўдзелу ў ім не прымаюць.

З узнікненнем на планеце жывога рэчыва з'явіўся ***біялагічны (біятычны) кругаварот***. У ім прымаюць удзел усе жывыя арганізмы, якія паглынаюць з навакольнага асяроддзя адны рэчывы і выдзяляюць другія. Напрыклад, расліны ў працэсе жыццядзейнасці спажываюць з навакольнага асяроддзя вуглякіслы газ, ваду, мінеральныя рэчывы і выдзяляюць кісларод. Жывёлы выкарыстоўваюць выдзелены раслінамі кісларод для дыхання. Яны з'ядаюць расліны і ў выніку стрававання засвойваюць утвораныя ў працэсе фотасінтэзу арганічныя рэчывы. Выдзяляюць вуглякіслы газ і неператраўленыя рэшткі ежы. Пасля адмірання расліны і жывёлы ўтвараюць масу мёртвага арганічнага рэчыва (дэтрыт). Дэтрыт даступен для разлажэння (мінералізацыі) мікраскапічнымі грыбамі і бактэрыямі. У выніку іх жыццядзейнасці ў біясферу трапляе дадатковая колькасць вуглякіслага газу. Арганічныя рэчывы ператвараюцца ў зыходныя неарганічныя кампаненты — *біягены*. Утвораныя мінеральныя злучэнні, трапляючы ў вадаёмы і глебу, зноў становяцца даступныя раслінам для фіксацыі сродкамі фотасінтэзу. Такі працэс паўтараецца бясконца і носіць замкнёны характар (кругаварот). Напрыклад, увесь атмасферны кісларод праходзіць па гэтым шляху прыкладна за 2 тыс. гадоў, а вуглякісламу газу для гэтага патрабуецца каля 300 гадоў.

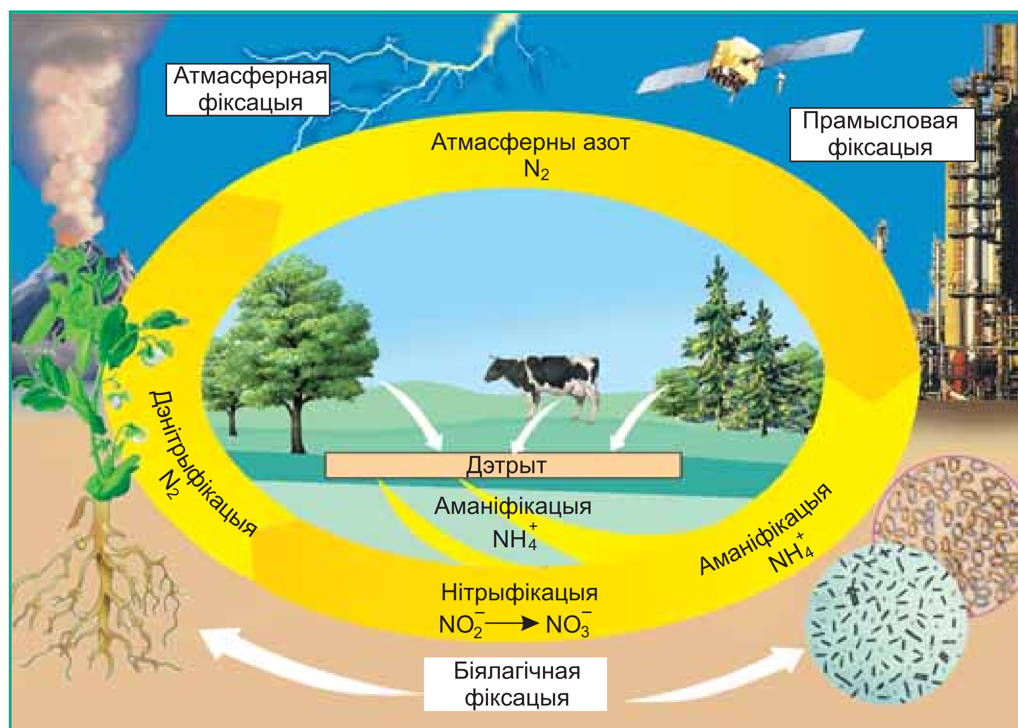
Энергія, заключаная ў арганічных рэчывах, па меры перамяшчэння ў харчовых ланцугах памяншаецца. Большая частка яе рассейваецца ў навакольным асяроддзі ў выглядзе цяпла або растрачваецца на падтрыманне працэсаў жыццядзейнасці арганізмаў. Напрыклад, на дыханне жывёл і раслін, транспарт рэчываў у раслін, а таксама на працэсы біясінтэзу жывых арганізмаў. Да таго ж утвораныя ў выніку дзейнасці рэдуцэнтаў біягены не змяшчаюць даступнай для арганізмаў энергіі. У дадзеным выпадку можна гаварыць толькі аб патоку энер-

гіі ў біясферы, але не аб кругавароце. Таму ўмовай устойлівага існавання біясферы з'яўляецца пастаянна працякаючы ў біягеацэнозах кругаварот рэчываў і паток энергіі.

Геалагічны і біялагічны кругавароты ў сукупнасці фарміруюць агульны біягеахімічны кругаварот рэчываў, аснову якога складаюць цыклы азоту, вады, вугляроду і кіслароду.

Кругаварот азоту. Азот — адзін з самых распаўсюджаных элементаў у біясферы. Асноўная частка біясфернага азоту знаходзіцца ў атмасферы ў газападобнай форме. Як вядома з курса хіміі, хімічныя сувязі паміж атамамі ў малекулярным азоце (N_2) вельмі моцныя. Таму большасць жывых арганізмаў не здольны выкарыстоўваць яго непасрэдна. Адсюль важным этапам у кругавароце азоту з'яўляецца яго фіксацыя і перавод у даступную для арганізмаў форму. Адрозніваюць тры шляхі фіксацыі азоту (мал. 93).

Атмасферная фіксацыя. Пад уздзеяннем атмасферных электрычных разрадаў (маланак) азот можа ўзаемадзейнічаць з кіслародам з утварэннем аксі-



Мал. 93. Кругаварот азоту

ду (NO) і дыаксіду (NO_2) азоту. Аксід азоту (NO) пры гэтым вельмі хутка акісляецца кіслародам і ператвараецца ў дыаксід азоту. Дыаксід азоту раствараецца ў парах вады і ў выглядзе азоцістай (HNO_2) і азотнай (HNO_3) кіслот з ападкамі трапляе ў глебу. У глебе ў выніку дысацыяцыі гэтых кіслот утвараюцца нітрыт- (NO_2^-) і нітрат-іоны (NO_3^-). Нітрыт- і нітрат-іоны ўжо могуць паглынацца раслінамі і ўключацца ў біялагічны кругаварот. На долю атмасфернай фіксацыі азоту прыходзіцца каля 10 млн т азоту ў год, што складае каля 3 % штогадовай азотфіксацыі ў біясферы.

Біялагічная фіксацыя. Яна ажыццяўляецца азотфіксуючымі бактэрыямі, якія пераводзяць азот у даступныя для раслін формы. Дзякуючы мікраарганізмам звязваецца каля палавіны ўсяго азоту. Найбольш вядомы бактэрыі, якія фіксуюць азот у клубеньчыках бабовых раслін. Яны пастаўляюць раслінам азот у выглядзе аміяку (NH_3). Аміяк добра раствараецца ў вадзе з утварэннем іона амонію (NH_4^+), які і засвойваецца раслінамі. Таму бабовыя — лепшыя папярэднікі культурных раслін у севазвароце.

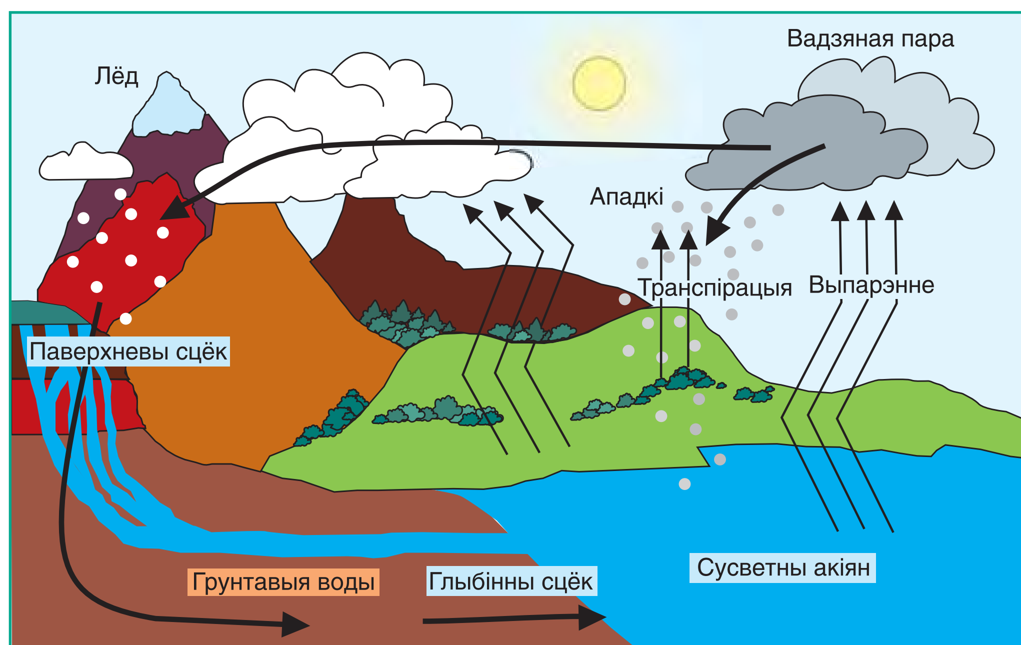
Пасля адмірання жывёл і раслін і разлажэння іх рэшткаў глеба ўзбагачаецца арганічнымі і мінеральнымі злучэннямі азоту. Далей гніласныя (аманіфікуючыя) бактэрыі расшчапляюць азотзмяшчальныя рэчывы (бялкі, мачавіну, нукляінавыя кіслоты) раслін і жывёл да аміяку. Гэты працэс называецца *аманіфікацыяй*. Большая частка аміяку потым акісляецца нітрыфікуючымі бактэрыямі да нітрытаў і нітратаў, якія зноў выкарыстоўваюцца раслінамі. Вяртанне азоту ў атмасферу адбываецца шляхам дэнітрыфікацыі, якую ажыццяўляе група дэнітрыфікуючых бактэрый. У выніку адбываецца аднаўленне азоцістых злучэнняў да малекулярнага азоту (гл. мал. 93). Частка азоту ў нітратнай і аманійнай формах з павярхоўным сцёкам трапляе ў водныя экасістэмы. Тут азот засвойваецца воднымі арганізмамі або пападае ў донныя арганічныя адлажэнні.

Прамысловая фіксацыя. Вялікая колькасць азоту штогод звязваецца прамысловым шляхам пры вырабе мінеральных азотных угнаенняў. Азот з такіх угнаенняў засвойваецца раслінамі ў аманійнай і нітратнай формах. Аб'ём выпускаемых азотных угнаенняў у Беларусі ў цяперашні час складае каля 900 тыс. т у год. Буйнейшым вытворцам з'яўляецца ААТ «Гродна Азот». На дадзеным прадпрыемстве выпускаюць карбамід, аміячную селітру, сульфат амонію і іншыя азотныя ўгнаенні.

Прыкладна 1/10 штучна ўнесенага азоту выкарыстоўваецца раслінамі. Астатняе з паверхневым сцёкам і грунтовымі водамі пераходзіць у водныя экасістэмы. Гэта прыводзіць даназапашвання ў вадзе вялікай колькасці злучэнняў азоту, якія даступныя для засваення фітапланктонам. У выніку магчыма бурнае размнажэнне водарасцей (эўтрафікацыя) і, як вынік, заморы ў водных экасістэмах.

Кругаварот вады (мал. 94)**.** Вада — асноўны кампанент біясферы. Яна з'яўляецца асяроддзем для растварэння практычна ўсіх элементаў пры ажыццяўленні кругавароту. Большая частка біясфернай вады з'яўляецца вадкай вадой і вадой вечных ільдоў (больш за 99 % усіх запасаў вады ў біясферы). Нязначная частка вады знаходзіцца ў газападобным стане — гэта атмасферныя вадзяныя пары. Біясферны кругаварот вады заснаваны на тым, што яе выпарэнне з паверхні Зямлі кампенсуецца выпадзеннем ападкаў. Трапляючы на паверхню сушы ў выглядзе ападкаў, вада садзейнічае разбурэнню горных парод. Гэта робіць мінералы, якія іх складаюць, даступнымі для жывых арганізмаў. Менавіта выпарэнне вады з паверхні планеты абумоўлівае яе геалагічны кругаварот. На яго траціцца каля паловы падаючай сонечнай энергіі. Выпарэнне вады з паверхні мораў і акіянаў адбываецца з большай хуткасцю, чым вяртанне яе з ападкамі. Гэтая розніца кампенсуецца за кошт паверхневага і глыбіннага сцёкаў дзякуючы таму, што на кантынентах ападкі пераважаюць над выпарэннем.

Павелічэнне інтэнсіўнасці выпарэння вады на сушы ў многім абумоўлена жыццядзейнасцю раслін. Расліны атрымліваюць ваду з глебы і актыўна транс-

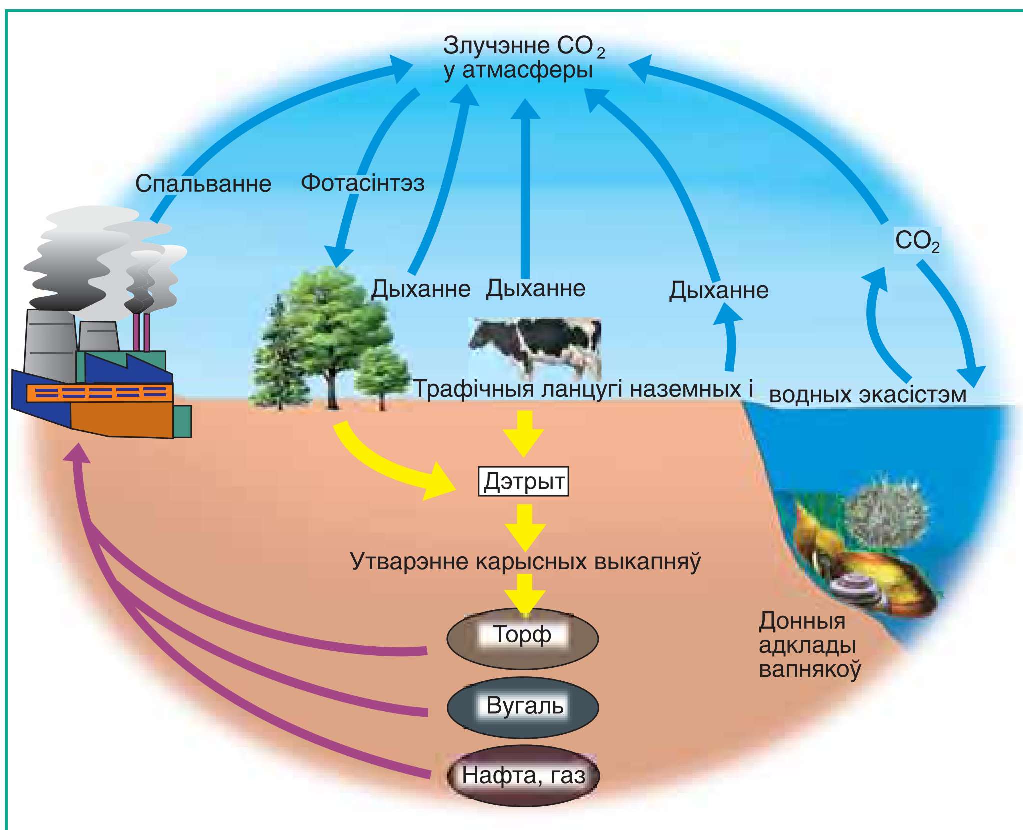


Мал. 94. Кругаварот вады

пірыруюць яе ў атмасферу. Частка вады ў клетках раслін расшчапляецца ў працэсе фотасінтэзу. Пры гэтым вадарод фіксуецца ў выглядзе арганічных злучэнняў, а кіслард выдзяляецца ў атмасферу.

Жывёлы выкарыстоўваюць ваду для падтрымання асматычнай і салявой раўнавагі ў арганізме і выдзяляюць яе ў знешняе асяроддзе разам з прадуктамі абмену рэчываў.

Кругаварот вугляроду (мал. 95). Вуглярод як хімічны элемент прысутнічае ў атмасферы ў саставе вуглякіслага газу. Гэта і абумоўлівае абавязковы ўдзел жывых арганізмаў у кругавароце гэтага элемента на планеце Зямля. Асноўны шлях, па якім вуглярод з неарганічных злучэнняў пераходзіць у састаў арганічных рэчываў, дзе ён з'яўляецца абавязковым хімічным элементам, — гэта працэс фотасінтэзу. Частка вугляроду выдзяляецца ў атмасферу ў складзе



Мал. 95. Кругаварот вугляроду

вуглякіслага газу пры дыханні жывых арганізмаў і пры разлажэнні бактэрыямі мёртвага арганічнага рэчыва. Засвоены раслінамі вуглярод спажываецца жывёламі. Акрамя таго, каралавыя паліпы, малюскі выкарыстоўваюць злучэнні вугляроду для пабудовы шкілетных утварэнняў і ракавін. Пасля іх адмірання і асядання на дне фарміруюцца адклады вапнякоў. Такім чынам, вуглярод можа выключацца з кругавароту. Вывядзенне вугляроду з кругавароту на працяглы тэрмін дасягаецца шляхам фарміравання карысных выкапняў: каменнага вугалю, нафты, торфу.

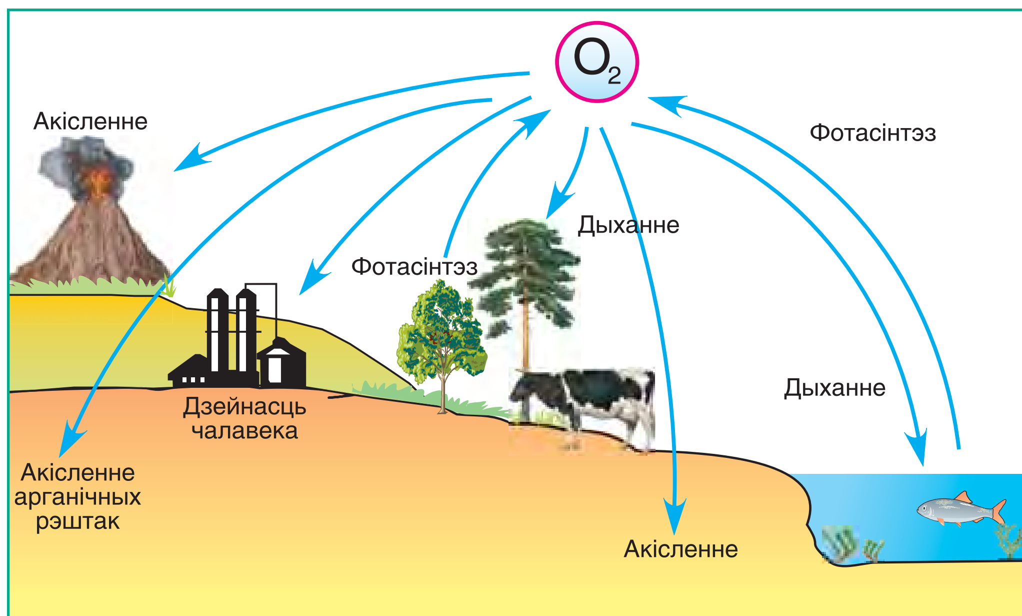
На працягу існавання нашай планеты выведзены з кругавароту вуглярод кампенсаваўся вуглякіслым газам, які трапляе ў атмасферу пры вулканічных вывяржэннях і ў ходзе іншых прыродных працэсаў. У цяперашні час да прыродных працэсаў папаўнення вугляроду ў атмасферы дабавілася значнае антрапагеннае ўздзеянне. Напрыклад, пры спальванні вугляроднага паліва. Гэта парушае адрэгуляваны стагоддзямі кругаварот вугляроду на Зямлі.

Павелічэнне канцэнтрацыі вуглякіслага газу за стагоддзе ўсяго на 0,01 % прывяло да значнага праяўлення парніковага эфекту (гл. с. 197). Сярэднегадавая тэмпература на планеце павысілася на 0,5 °C, а ўзровень Сусветнага акіяна падняўся амаль на 15 см. Па прагнозах вучоных, калі сярэднегадавая тэмпература павялічыцца яшчэ на 3—4 °C, пачнецца раставанне вечных ільдоў. Пры гэтым узровень Сусветнага акіяна паднімецца на 50—60 см, што прывядзе да затаплення значнай часткі сушы. Гэта расцэньваецца як глабальная экалагічная катастрофа, таму што на гэтых тэрыторыях пражывае каля 40 % насельніцтва Зямлі.

Кругаварот кіслароду. У функцыянаванні біясферы кісларод адыгрывае выключна важную ролю ў працэсах абмену рэчываў і дыханні жывых арганізмаў. Памяншэнне колькасці кіслароду ў атмасферы ў выніку працэсаў дыхання, спальвання паліва і гніення кампенсуецца кіслародам, які выдзяляецца раслінамі пры фотасінтэзе.

Кісларод утвараўся ў першаснай атмасферы Зямлі пры яе астыванні. У сілу сваёй высокай рэакцыйнай здольнасці ён пераходзіў з газападобнага стану ў стан розных неарганічных злучэнняў (карбанатаў, сульфатаў, аксідаў жалеза і інш.). Сённяшняя кіслародзмяшчальная атмасфера планеты ўтварылася выключна за кошт ажыццяўляемага жывымі арганізмамі фотасінтэзу. Утрыманне кіслароду ў атмасферы павышалася да цяперашніх значэнняў працяглы час. Падтрыманне яго колькасці на пастаянным узроўні ў цяперашні час магчыма толькі дзякуючы фотасінтэзуючым арганізмам.

На жаль, у апошнія дзесяцігоддзі дзейнасць чалавека, якая прыводзіць да высечкі лясоў, эрозіі глебы, зніжае інтэнсіўнасць фотасінтэзу. А гэта, у сваю чар-



Мал. 96. Кругаварот кіслароду

гу, парушае натуральны ход кругавароту кіслароду на значных тэрыторыях Зямлі (мал. 96).

Невялікая частка кіслароду атмасферы ўдзельнічае ў працэсах утварэння і разбурэння азонавага экрана пры дзеянні ўльтрафіялетавага выпраменьвання Сонца.

Асновай біягеннага кругавароту рэчываў з'яўляецца сонечная энергія. Галоўнай умовай устойлівага існавання біясферы з'яўляюцца пастаянна працякаемы ў біягеацэнозах кругаварот рэчываў і паток энергіі. У кругаваротах азоту, вугляроду і кіслароду асноўная роля належыць жывым арганізмам. Аснову ж глабальнага кругавароту вады ў біясферы забяспечваюць фізічныя працэсы.

1. Што ўяўляе сабой кругаварот рэчываў у біясферы? **2.** Прааналізуйце, якія ўмовы з'яўляюцца неабходнымі для падтрымання бесперапыннасці кругавароту рэчываў. **3.** Апішыце ролю жывых арганізмаў у кругавароце рэчываў у біясферы. **4.** Назавіце магчымыя вынікі празмернага паступлення вуглякіслага газу ў атмасферу, а таксама азоту ў глебу і водныя экасістэмы. **5.** З чым, на ваш погляд, звязана павышэнне ўтрымання нітратаў у вадзе калодзежаў? Адказ абгрунтуйце.

§ 48. Асноўныя этапы развіцця біясферы

Этапы развіцця (эвалюцыі) біясферы. Сучасная структура біясферы і межы пражывання жывых арганізмаў фарміраваліся працяглы час. Кожны часовы прамежак эвалюцыі біясферы характарызуецца пэўным комплексам экалагічных фактараў і сукупнасцю жывых арганізмаў.

Можна вылучыць наступныя гістарычныя этапы развіцця (эвалюцыі) біясферы: 1) узнікненне і развіццё жыцця ў вадзе; 2) засяленне арганізмамі сушы і фарміраванне наземна-паветранага і глебавага асяроддзяў пражывання; 3) з'яўленне чалавека і яго эвалюцыя са звычайнага біялагічнага віду ў біясацыяльную істоту; 4) пераход біясферы ў наасферу пад уплывам разумнай дзейнасці чалавека.

Наша планета з'явілася каля 5 млрд гадоў таму. У той час тэмпература зямной паверхні была вышэй 100 °C, і жыццё на Зямлі існаваць не магло. Зніжэнне тэмпературы садзейнічала фарміраванню воднай абалонкі планеты — гідрасферы. Маса гідрасферы паступова расла, павялічвалася яе плошча, што стварыла ўмовы, спрыяльныя для зараджэння жыцця. З'яўленне жывога рэчыва ў гідрасферы садзейнічала фарміраванню біялагічнага кругавароту рэчыва.

На гэтым этапе фарміравання біясферы важная роля належала бактэрыям з рознымі спосабамі жыўлення (фота- і хемааўтатрофам, фота- і хемагетэратрофам). Яна заключалася, перш за ўсё, у разлажэнні мёртвага арганічнага рэчыва да біягенаў, якія вярталіся назад у біялагічны кругаварот. *Дэструктыўная* функцыя бактэрый дазволіла падтрымліваць біямасу арганічнага рэчыва планеты на пастаянным узроўні. У той жа час старажытныя фотасінтэзуючыя бактэрыі (цыянабактэрыі) насычалі гідрасферу кіслародам. У далейшым у выніку росту і размнажэння аўтатрофаў колькасць кіслароду павялічылася. Ён пачаў выдзяляцца ў атмасферу і распаўсюджвацца ў ёй. За кошт кіслароду ў верхніх слаях атмасферы з'явіўся азон.

Прыкладна 500 млн гадоў таму канцэнтрацыя кіслароду ў атмасферы дасягнула сучасных значэнняў. Гэты факт сумесна з утварэннем азонавага экрана дазволіў арганізмам выйсці на сушу — пачалося фарміраванне наземнай флоры і фаўны. Першыя наземныя расліны (псілафіты і старажытныя мохападобныя) шляхам фотасінтэзу ўтварылі першаснае арганічнае рэчыва сушы. Гэта гатовае арганічнае рэчыва стала служыць ежай гетэратрофным арганізмам. Так сфарміравалася наземна-паветранае асяроддзе пражывання. Такім чынам, жывыя арганізмы паступова пераўтварылі фізіка-хімічныя параметры навакольнага асяроддзя, робячы яго спрыяльным для існавання. У гэтым заключаецца яшчэ адна важная функцыя жывога рэчыва — *асяроддзеўтваральная*.

У той жа час у гідрасферы працягвала развівацца жыццё. Тут яно было прадстаўлена цыянабактэрыямі, чырвонымі і зялёнымі водарасцямі, а таксама амаль усімі тыпамі жывёл. Глыбакаводныя арганізмы, якія паступова апускаліся ўсё глыбей да дна, засялілі ўсю гідрасферу.

Наступныя этапы эвалюцыі біясферы праходзілі ў напрамку бурнага развіцця і распаўсюджвання жыцця на сушы. З'явіліся імхі, дрэвападобная дзераза, хвашчы, папараці, голанасенныя расліны, на змену якім прыйшлі пакрытанасенныя, якія хутка распаўсюдзіліся па ўсёй планеце.

Першымі жывёламі сушы былі павукі і скарпіёны. У перыяд каля 300 млн гадоў таму з'явіліся першыя земнаводныя. У далейшым, прыкладна 150 млн гадоў таму, масавага распаўсюджвання і росквіту дасягнулі паўзуны: дыназаўры, старажытныя чарапахі і кракадзілы. Каля 50 млн гадоў таму з'явіліся птушкі і млекакормячыя.

Біясферная роля жывёл звязана з іх гетэратрофным тыпам жыўлення і здольнасцю да руху. Яны спажываюць арганічнае рэчыва, ствараемае раслінамі, перамяшчаюць яго на значную адлегласць. Тым самым жывёлы садзейнічаюць распаўсюджванню пладоў, насення, спор.

Заваяванне сушы жывымі арганізмамі прывяло да значнага росту біямасы жывога рэчыва. У цяперашні час, як ужо адзначалася, біямаса сушы шматразова перавышае акіянічную біямасу.

Вянцом сучаснай эвалюцыі біясферы стала з'яўленне Чалавека разумнага, якое адбылося каля 50 тыс. гадоў таму.

У працэсе эвалюцыі біясферы некаторыя рэчывы на доўгі час выключаліся з біялагічнага кругавароту. Дзякуючы гэтаму на Зямлі ў розныя геалагічныя эпохі сфарміраваліся залежы карысных выкапняў у выглядзе нафты, вапнякоў, жалезных руд і інш. Менавіта эвалюцыя біясферы дазволіла Зямлі набыць сваё ўнікальнае аблічча і стаць планетай жыцця сярод іншых планет Сонечнай сістэмы. А галоўнымі фактарамі эвалюцыі біясферы на разгледжаных этапах сталі працэсы, звязаныя з функцыянаваннем жывога рэчыва: *сінтэз, разбурэнне, кругаварот.*

Сучасны этап эвалюцыі біясферы. Каля 50 тыс. гадоў таму ў эвалюцыю біясферы стаў уносіць уклад новы фактар — антрапагенны, звязаны з дзейнасцю чалавека. На ранніх стадыях цывілізацыі ўзаемадзеянне чалавека з біясферай насіла хутчэй лакальны характар. Яно ў першую чаргу было звязана з задавальненнем надзённых патрэб чалавека ў ежы і жыллі. У Сярэднія вякі тэмпы развіцця грамадства, прамысловасці і сельскай гаспадаркі паскорыліся. Геаграфічныя адкрыцці дазволілі прыметна пашырыць асваенне прыродных тэрыторый для чалавечых патрэб. Чалавек для задавальнення сваіх

патрэб стаў усё больш выкарыстоўваць жывое і мінеральнае коснае рэчывы.

Мал. 97. Звалка бытавога смецця

Яшчэ больш глыбокія змяненні ў біясферных працэсах пачаліся ў XX в. у выніку навукова-тэхнічнай рэвалюцыі. Бурнымі тэмпамі сталі развівацца энергетыка, транспарт, хімічная прамысловасць. Гэта прывяло да таго, што чалавечая дзейнасць паступова стала фактарам, які змяняе аблічча Зямлі. Вынікам стала разбурэнне прыродных экасістэм (азёраў, балот, лугоў), а таксама выміранне многіх відаў жывёл і раслін, вычарпанне карысных выкапняў. Акрамя таго, забруджанне навакольнага асяроддзя радыенуклідамі, ядахімікатамі, а таксама прамысловымі і бытавымі адходамі набыло глабальныя маштабы. Усё гэта паставіла чалавецтва на грань экалагічнай катастрофы.

Сёння маштабы ўплыву чалавечай дзейнасці на эвалюцыю біясферы сталі сапраўды гіганцкімі. Большасць дзеянняў, якія часам вядуць да катастрафічных вынікаў, ажыццяўляюцца чалавекам ад неразумення прыродных працэсаў і з'яў, а таксама іх узаемасувязей. Прыкладам можа служыць забруджанне навакольнага асяроддзя і інтэнсіўнае, празмернае выкарыстанне прыродных рэсурсаў.

Вельмі сур'ёзнай стала ў апошнія дзесяцігоддзі праблема бытавога смецця, якое збіраецца на звалках (мал. 97) або скідваецца ў воды Сусветнага акіяна. Месцы ўтылізацыі адходаў уяўляюць небяспеку, паколькі шкодныя рэчывы, раствараючыся ў вадзе, забруджваюць грунтовыя воды і глебу. У Ціхім акіяне на сённяшні дзень колькасць бытавога смецця па плошчы ў 2 разы перавышае кантынентальную плошчу ЗША, а па масе — у 6 разоў большая за масу планктону.

Французскі матэматык Эдуард Леруа прапанаваў тэрмін — наасфера. Ён назваў наасферай абалонку біясферы, якая фарміруецца чалавечай свядомасцю. У выніку заснавальнік вучэння аб біясферы У. І. Вярнадскі пашырыў дадзенае паняцце. Паводле Вярнадскага, разумная дзейнасць чалавека павінна стаць вядучым фактарам у адносінах грамадства і прыроды.

Наасфера (сфера розуму) — вышэйшая стадыя развіцця біясферы, пры якой разумная дзейнасць чалавецтва становіцца галоўнай рухаючый сілай яе развіцця.

Этапы эвалюцыі біясферы характарызаваліся павелічэннем разнастайнасці жывых форм і ўскладненнем іх арганізацыі. Жывое рэчыва, якое зарадзілася ў акіяне, распаўсюдзілася па ўсёй сушы. Менавіта жывыя арганізмы дазволілі Зямлі набыць яе ўнікальнае аблічча і стаць планетай жыцця сярод іншых планет Сонечнай сістэмы. Галоўнымі фактарамі эвалюцыі біясферы на разгледжаных этапах з'яўляюцца працэсы, звязаныя з функцыянаваннем жывых арганізмаў: сінтэз, разбурэнне, кругаварот. Вышэйшай стадыяй развіцця біясферы, заснаванай на чалавечым розуме, з'яўляецца наасфера.

1. Прааналізуйце асноўныя этапы развіцця біясферы. Якую ролю на кожным з іх адыгрывалі зялёныя расліны? **2.** Раскрыйце значэнне жывога рэчыва біясферы на ўсіх этапах эвалюцыі. **3.** Ахарактарызуйце ўклад чалавека ў эвалюцыю біясферы. **4.** Што падразумяваў У. І. Вярнадскі пад паняццем «наасфера»? **5.** Існуе выраз: «Гібель прыроды пачынаецца са знікнення лясоў». Як вы лічыце, ці правільны ён? Адказ абгрунтуйце з пазіцыі розных этапаў эвалюцыі біясферы.

§ 49. Уплыў гаспадарчай дзейнасці чалавека на біясферу

Са з'яўленнем і ўдасканальваннем чалавека эвалюцыйныя працэсы біясферы істотна змяніліся. На заранку свайго паяўлення чалавек аказваў пераважна лакальнае ўздзеянне на навакольнае асяроддзе. Гэта выяўлялася, перш за ўсё, у задавальненні мінімальных патрэб у ядзе і жыллі. Старажытныя паляўнічыя пры памяншэнні колькасці прамысловых жывёл пераходзілі паляваць у іншыя месцы. Старажытныя земляробы і жывёлаводы, калі глеба спусташалася або кармоў станавілася менш, асвойвалі новыя землі. Колькасць насельніцтва планеты пры гэтым была невялікай. Практычна цалкам адсутнічала якая-небудзь прамысловая вытворчасць. Нязначная колькасць утвораных у той час адходаў і забруджванняў як вынік дзейнасці чалавека небяспекі не ўяўляла. Усё магло быць утылізавана за кошт дэструктыўнай функцыі жывога рэчыва.

Рост насельніцтва планеты, паспяховае развіццё жывёлагадоўлі, земляробства і навукова-тэхнічны прагрэс вызначылі далейшае развіццё чалавецтва.

Зараз на Зямлі жыве больш за 7 млрд чалавек, да 2030 г. гэтая колькасць вырасце да 10 млрд, а да 2050 г. — да 12,5 млрд чалавек. Забеспячэнне насельніцтва Зямлі харчаваннем і энергетычнымі рэсурсамі ўжо зараз з'яўляецца вострай праблемай. Сёння ў краінах,

дзе існуе пастаянны недахоп харчавання, жыве каля 70 % насельніцтва планеты. Катастрафічна хутка скарачаюцца неаднаўляльныя прыродныя рэсурсы. Напрыклад, па прагнозах вучоных, чалавецтва на працягу бліжэйшых 200 гадоў зрасходуе ўсе запасы металаў.

Гаспадарчая дзейнасць чалавека на сучасным этапе ўсё часцей дэманструе адмоўныя прыклады ўздзеяння на біясферу. Да іх адносяцца: забруджванне навакольнага асяроддзя, вычарпанне прыродных рэсурсаў, апустыньванне зямель, глебавая эрозія. Таксама парушаюцца прыродныя згуртаванні, высякаюцца лясы, знікаюць рэдкія віды раслін і жывёл.

Забруджванне навакольнага асяроддзя — паступленне ў асяроддзе новых, нехарактэрных для яго цвёрдых, вадкіх і газападобных рэчываў або перавышэнне іх прыроднага ўзроўню ў навакольным асяроддзі, якое аказвае негатыўны ўплыў на біясферу.

Забруджванне атмасферы. Чыстае паветра неабходна для жыцця ўсіх жывых арганізмаў. У многіх краінах праблема захавання яго чысціні адносіцца да дзяржаўных прыярытэтаў. Галоўная прычына забруджвання атмасферы заключаецца ў спальванні арганічнага паліва (мал. 98). Безумоўна, яму па-ранейшаму належыць вядучая роля ў забеспячэнні энергіяй усіх галін эканомікі. На сённяшні дзень расліннасць планеты ўжо не ў стане цалкам асіміляваць прадукты згарання вадкага і цвёрдага паліва.

Аксіды вугляроду (CO і CO_2), якія трапляюць у атмасферу ў выніку згарання паліва, з'яўляюцца прычынай узнікнення парніковага эфекту. Аксіды серы (SO_2 і SO_3), утвораныя ў выніку згарання паліва, якое змяшчае серу, узаемадзейнічаюць у атмасферы з вадзянымі парамі. Канчатковымі прадуктамі такой рэакцыі з'яўляюцца растворы серністай (H_2SO_3) і сернай (H_2SO_4) кіслот. Дадзеныя кіслоты выпадаюць на паверхню зямлі з ападкамі, выклікаюць падкісленне глебы, прыводзяць да захворванняў чалавека. У найбольшай ступені ад кіслотных ападкаў пакутуюць лясныя экасістэмы, асабліва хвойныя. У іх адбываецца разбурэнне хларафілу, недаразвіццё пылковых зерняў, засыханне і ападанне ігліцы.

Мал. 98. Спальванне паліва — галоўная крыніца забруджвання атмасферы

Аксіды азоту (NO і NO_2), падпадаючы пад дзеянне ўльтрафіялетавых прамянёў, удзельнічаюць у фарміраванні ў атмасферы свабодных радыкалаў. Аксіды азоту прыводзяць да развіцця ў ча-

лавека і жывёл цэлага шэрагу паталагічных станаў. Дадзеныя газы, напрыклад, раздражняюць дыхальныя шляхі, выклікаюць ацёк лёгкіх і інш.

Злучэнні хлору ўносяць значны ўклад у разбурэнне азонавага слоя планеты. Напрыклад, адзін свабодны радыкал хлору можа разбурыць да 100 тыс. малекул азону, што з'яўляецца прычынай узнікнення азонавых дзір у атмасферы.

Прычынамі *радыеактыўнага забруджвання* атмасферы з'яўляюцца аварыі на атамных электрастанцыях (напрыклад, на Чарнобыльскай атамнай электрастанцыі ў 1986 г.). Уклад у гэты працэс таксама ўносяць выпрабаванні ядзернай зброі і няправільная ўтылізацыя адходаў атамнай энергетыкі. Трапіўшыя ў атмасферу радыеактыўныя часціцы рассейваюцца на вялікія адлегласці, забруджваючы глебу, паветра, вадаёмы.

У якасці крыніцы забруджвання атмасферы варта ўзгадаць і транспарт. Выхлапныя газы рухавікоў унутранага згарання змяшчаюць цэлы спектр забруджванняў. Сярод іх аксіды вугляроду і азоту, сажа, а таксама цяжкія металы і злучэнні, якія валодаюць карцэрагенным дзеяннем.

Забруджванне гідрасферы. Дэфіцыт прэснай вады — глабальная экалагічная праблема. Разам з расходаваннем і недахопам вады выклікае заклапочанасць забруджванне гідрасферы, якое пастаянна павялічваецца.

Асноўнай прычынай забруджвання воднага асяроддзя з'яўляецца прамое скідванне ў водныя экасістэмы адходаў прамысловасці і камунальных сцёкавых вод (мал. 99). У дадзеным выпадку з хімічнымі рэчывамі ў воднае асяроддзе трапляюць і біялагічныя забруджванні (напрыклад, хваробатворныя бактэрыі). Калі скідваюцца падагрэтыя воды, адбываецца фізічнае (цеплавое) забруджванне гідрасферы. Такія скідванні зніжаюць колькасць кіслароду ў вадзе, павялічваюць таксічнасць прымесяў і часта прыводзяць да замораў (гібелі водных арганізмаў).

Мал. 99. Прамое скідванне сцёкавых водаў — сур'ёзная пагроза для гідрасферы

Забруджванне глебы. У сувязі з гаспадарчай дзейнасцю чалавека ў глебу трапляюць хімічныя рэчывы, якія парушаюць глебаўтваральныя працэсы і зніжаюць урадлівасць. Забруджванне глебы адбываецца пры празмерным прымяненні ў сельскай гаспадарцы мінеральных угнаенняў і пестыцыдаў. Разам з арганічнымі ўгнаеннямі (гноем) у глебу могуць пранікаць біялагічныя забруджвальнікі. Гэта перш за ўсё бактэрыі, яйкі

паразітычных чарвей. Глеба забруджваецца таксама нафтапрадуктамі, радыенуклідамі, цяжкімі металамі і інш.

Вычарпанне прыродных рэсурсаў. *Прыродныя рэсурсы* — сродкі існавання людзей, якія не ствараюцца іх працай, а знаходзяцца ў прыродзе. Асноўная праблема іх сучаснага стану — скарачэнне колькасці вычарпальных і пагаршэнне якасці невычарпальных прыродных рэсурсаў. Асабліва гэта датычыцца *жывёльных* і *раслінных рэсурсаў*. Разбурэнне месцапражыванняў, забруджванне навакольнага асяроддзя, празмернае выкарыстанне прыродных рэсурсаў, браканьерства істотна скарачаюць відавую разнастайнасць раслін і жывёл.

За час існавання чалавецтва высечана і знішчана каля 70 % лясных угоддзяў. Гэта стала прычынай вымірання відаў раслін, якія жылі ў травяністых і кусцікавых ярусах. Яны не змаглі існаваць ва ўмовах прамога сонечнага выпраменьвання. У выніку высякання лясоў змяніўся і жывёльны свет. Віды жывёл, якія мелі цесныя сувязі з дрэўнымі ярусамі, або зніклі, або мігрыравалі ў іншыя месцы.

Лічыцца, што з 1600 г. у выніку дзейнасці чалавека на Зямлі цалкам зніклі каля 250 відаў жывёл і 1000 відаў раслін. Пад пагрозай знішчэння ў цяперашні час знаходзяцца каля 1000 відаў жывёл і 25 000 відаў раслін.

Жывёльныя і раслінныя рэсурсы здольны да пастаяннага аднаўлення. Калі хуткасць іх выкарыстання не перавышае тэмпы натуральнага аднаўлення, то гэтыя рэсурсы могуць існаваць вельмі доўга. Аднак хуткасць іх аднаўлення розная. Папуляцыі жывёл могуць аднавіць сваю колькасць за некалькі гадоў. Лясы вырастаюць за некалькі дзясяткаў гадоў. А глебы, якія страцілі ўрадлівасць, аднаўляюць яе вельмі марудна — на працягу некалькіх тысячагоддзяў.

Вельмі важнай рэсурснай праблемай планеты з'яўляецца захаванне якасці *прэснай вады*. Як вядома, агульныя запасы вады на планеце невычарпальныя. Аднак на долю прэсных вод прыходзіцца толькі 3 % усёй гідрасферы. Прычым толькі 1 % прэснай вады прыдатны для непасрэднага ўжывання чалавекам без папярэдняга ачышчэння. Прыкладна 1 млрд людзей на Зямлі не маюць пастаяннага доступу да прэснай пітной вады. Таму чалавецтва павінна разглядаць прэсную ваду як вычарпальны прыродны рэсурс. Праблема прэснай вады з кожным годам абвастраецца ў сувязі з абмяленнем рэк і азёр у выніку меліяратыўных мерапрыемстваў. Узрастае расход вады на патрэбы сельскай гаспадаркі і прамысловасці, вадаёмы забруджваюцца вытворчымі і бытавымі адходамі.

Недахоп прэснай вады і яе дрэнная якасць адбіваюцца і на здароўі людзей. Вядома, што найбольш небяспечныя інфекцыйныя захворванні (халера, дызентэрыя і інш.) узнікаюць на месцах, дзе ўскладнены доступ да чыстай вады.

Апустыньванне — сукупнасць працэсаў, якія вядуць да страты прыродным згуртаваннем суцэльнага расліннага покрыва з немагчымасцю яго аднаўлення без удзелу чалавека. Прычынамі апустыньвання з'яўляюцца пераважна антрапагенныя фактары. Гэта высяканне лясоў, нерацыянальнае выкарыстанне водных рэсурсаў пры арашэнні зямель і інш. Напрыклад, празмернае высяканне драўнянай горнай расліннасці становіцца прычынай стыхійных бедстваў — селяў, апоўзняў, снежных лавін. Прыводзіць да апустыньвання можа і празмерная нагрузка на пашы пры павелічэнні маштабаў жывёлагадоўлі. Расліннае покрыва, якое выядаецца жывёламі, не паспявае аднаўляцца, і глеба робіцца схільнай да розных відаў эрозіі.

Эрозія глебы — разбурэнне ўрадлівага слоя глебы пад уздзеяннем ветру і вады.

Эрозія глебы адбываецца з-за масавага ўключэння чалавекам у актыўнае землекарыстанне ўсё новых і новых зямель.

У найбольшай ступені апустыньванне характэрна для раёнаў з засушлівым кліматам (пустыні, паўпустыні) — краін Афрыкі і Азіі (асабліва Кітая).

Сёння дадзеная праблема мае міжнацыянальны характар. Таму ААН была прынята Міжнародная канвенцыя па барацьбе з апустыньваннем, якую падпісалі амаль 200 дзяржаў.

Асноўнымі вынікамі гаспадарчай дзейнасці чалавека сталі забруджванне навакольнага асяроддзя, вычарпанне прыродных рэсурсаў і апустыньванне зямель. Прадухіленне згубнага ўплыву антрапагеннага фактару на біясферу з'яўляецца сёння важнай агульначалавечай праблемай, у рашэнні якой павінен удзельнічаць кожны жыхар Зямлі.

1. Ахарактарызуйце асноўныя напрамкі антрапагеннага ўздзеяння, якое выклікае забруджванне навакольнага асяроддзя. **2.** Прааналізуйце сучасны стан прыродных рэсурсаў. Чым, на ваш погляд, ён выкліканы? **3.** Што з'яўляецца галоўнымі прычынамі, якія прыводзяць да дэградацыі глебавага покрыва і апустыньвання зямель? **4.** Якія мерапрыемствы па павышэнні ўрадлівасці глебы праводзяцца ў вашай мясцовасці? **5.** Для барацьбы са шкоднікамі лесу — вусенямі ліставёрткі-пупышкаеда яловага прымянілі пестыцыд, які хутка гніў і не шкодзіў прыродзе. У выніку лясныя насаджэнні былі выратаваны. Тым не менш гэта прывяло да сур'ёзных экалагічных вынікаў. Падумайце да якіх.

§ 50. Пагроза экалагічных катастроф і іх папярэджанне

Маштабы парушэнняў біясферы (лакальныя, рэгіянальныя, глабальныя). Уздзеянне чалавека на біясферу даўно перастала быць лакальным і з'яўляецца фактарам, які носіць рэгіянальны і нават глабальны характар. Прынята лічыць, што з сярэдзіны XX ст. біясфера ўвайшла ў стан глабальнага экалагічнага крызісу. Цяпер ужо стала зразумела, што пераадоленне экалагічнага крызісу без удзелу разумнай дзейнасці чалавека немагчыма.

Экалагічны крызіс — неадпаведнасць узрастаючых маштабаў дзейнасці чалавека для задавальнення сваіх жыццёвых патрэб аднаўленчым магчымасцям прыроды.

Лакальныя ўздзеянні на прыроду сёння можна адзначыць практычна паўсюдна. Напрыклад, гэта звалкі смецця, якія павялічваюцца вакол буйных гарадоў. Гэта скідванне прамысловых і бытавых сцёкавых вод у вадаёмы, забруджванне сельскагаспадарчых зямель ядахімікатамі і інш. Асобна варта нагадаць забруджванне навакольнага асяроддзя нафтай і нафтапрадуктамі. Часцей за ўсё гэта адбываецца падчас здабычы і транспарціроўкі, а таксама ў выніку аварыйных сітуацый. У выніку пераносу забруджванняў паверхневым сцёкам і паветранымі масамі маштабы антрапагеннага ўплыву сталі насіць глабальны характар.

У красавіку 2010 г. паблізу берагоў Маямі (ЗША) адбылася найбуйнейшая аварыя на адной з нафтавых платформ. У выніку ў непасрэднай блізкасці ад берагавой лініі ў акіян вылілася больш за 10 млн т нафты, і ўтварылася вялікая нафтавая пляма плошчай больш за 10 тыс. км^2 (мал. 100). На думку эколагаў, аварыя з'яўляецца экалагічнай катастрофай, наступствы якой прырода будзе адчуваць яшчэ доўгія гады. Загінуць унікальныя віды рыб, якія жывуць у Мексіканскім заліве, дэльфіны, марскія птушкі і чарапахі.

Мал. 100. Наступствы аварыі ў Мексіканскім заліве

Многія краіны даўно сутыкнуліся з антрапагеннай дэградацыяй наземных экасістэм. Чалавек, пашыраючы месца свайго пражывання, умешваецца ў прыродныя згуртаванні, знішчаючы лясныя экасістэмы цэлых рэгіёнаў. Напрыклад, сёння пад пагрозай знікнення знаходзяцца трапічныя лясы Бразіліі і краін, па тэрыторыі якіх працякае Амазонка. Разам з лясамі можа загінуць або моцна пацярпець уся біялагічная разнастайнасць фаўны.

Прыкладам адмоўнага ўздзеяння чалавека на прыроду з'яўляецца хімічнае і радыеактыўнае забруджванне басейна Балтыйскага мора. Сёння рэалізуецца нямала як адукацыйных, так і тэхналагічных праектаў па папярэджанні гэтага. Большасць з праектаў накіравана на стварэнне новых сістэм ачышчэння сцёкавых вод. Рэспубліка Беларусь з'яўляецца паўнапраўным удзельнікам дадзеных праектаў, паколькі па яе тэрыторыі працякае рака Нёман, якая ўваходзіць у басейн Балтыйскага мора.

У апошнія дзесяцігоддзі сур'ёзнай рэгіянальнай праблемай сталі радыеактыўныя рэчывы. Аварыі на Чарнобыльскай АЭС і на атамнай электрастанцыі Фукусіма-1 (Японія) прывялі да забруджвання радыенуклідамі вялікіх тэрыторый планеты. Небяспеку ўяўляюць таксама выпрабаванні ядзернай зброі на палігонах і радыеактыўныя адходы, пахаваныя ў акіянічных глыбінях. Як відаць, маючы рэгіянальнае паходжанне, праблемы радыеактыўнага забруджвання навакольнага асяроддзя па сваёй значнасці глабальныя. Асабліва гэта датычыцца ядзернай зброі, прымяненне якой можа прывесці да поўнага знішчэння жыцця на Зямлі.

Радыеактыўныя рэчывы ўключаюцца ў біялагічны кругаварот рэчываў. Па ланцугах харчавання яны трапляюць у жывыя арганізмы і аказваюць згубнае ўздзеянне. У гэтай сувязі вельмі небяспечны стронцый (^{90}Sr). Гэты радыеактыўны элемент, які замяшчае кальцый у касцях шкілета, з'яўляецца крыніцай апраменьвання ўсяго арганізма.

Антрапагенныя ўздзеянні глабальнага маштабу на біясферу Зямлі праяўляюцца перш за ўсё ў выглядзе хімічнага забруджвання. Наступства забруджвання атмасферы фрэонамі — разбурэнне ахоўнага азонавага экрана. Мільёны тон вуглякіслага газу штомінутна трапляюць у атмасферу ў выніку спальвання вугалю і нафты, выклікаючы парніковы эфект. Пералічаныя глабальныя праблемы закранаюць усе рэгіёны планеты. Таму каб пазбегнуць яшчэ больш глыбокіх экалагічных наступстваў, неабходна аб'яднанне ўсёй сусветнай грамадскасці для іх папярэджання.

У апошнія гады на тэрыторыю Беларусі пранік цэлы шэраг відаў жывых арганізмаў, якія з'яўляюцца чужароднымі для фаўны і флоры нашай краіны. Гэта звязана з глабальным пацяпленнем клімату і павелічэннем транспартных патокаў паміж краінамі. У цяперашні час інвазіі чужародных відаў прызнаны глабальнай экалагічнай праблемай. Напрыклад, па ўсёй тэры-

торыі нашай краіны масавае распаўсюджванне атрымаў баршчэўнік Сасноўскага. Гэта расліна выцясняе з раслінных згуртаванняў большасць мясцовых відаў, а ў людзей выклікае кантактныя дэрматыты. Гэта сур'ёзная пагроза экалагічнай бяспецы краіны, здароўю насельніцтва, біялагічнай разнастайнасці.

Экалагічныя катастрофы і іх папярэджанне. Экалагічны крызіс, які развіваецца ў нашы дні, паставіў пад пагрозу існаванне чалавека. Вучоныя лічаць, што пагроза экалагічнай катастрофы блізкая як ніколі. Да асноўных яе састаўляючых адносяць: крызіс прыродных рэсурсаў, розныя прыродныя катаклізмы, а таксама забруджванне навакольнага асяроддзя з наступствамі, небяспечнымі для здароўя чалавека і ўсіх жывых арганізмаў планеты.

У апошняе дзесяцігоддзе медыкі адзначаюць істотны рост захворванняў на алергію і бранхіяльную астму. Вучоныя напрамую звязваюць дадзеныя факты з экалагічнымі абставінамі канкрэтных рэгіёнаў. Напрыклад, выяўлена, што адходы, якія змяшчаюць кадмій, хром, асбест, акрамя алергічных уласцівасцей, могуць выклікаць анкалагічныя захворванні. Акрамя таго, забруджваннем навакольнага асяроддзя абумоўлена з'яўленне спецыфічных раней невядомых хвароб. Напрыклад, хвароба ітай-ітай звязана з забруджваннем навакольнага асяроддзя кадміем, які назапашваецца ў касцявой тканцы чалавека і робіць косці шкілета крайне ломкімі. Пры гэтым пераломы могуць узнікаць нават ад нязначнага дакранання.

Магчымасць развіцця глабальнай экалагічнай катастрофы заставіла чалавецтва сур'ёзна задумацца аб далейшых перспектывах развіцця цывілізацыі. У сувязі з гэтым у 1970-я гады была створана Праграма ААН па навакольным асяроддзі (ЮНЕП) (мал. 101). Членам дадзенай Праграмы разам з яшчэ 170 краінамі з'яўляецца і Беларусь. Былі сфарміраваны Сусветная камісія ААН па навакольным асяроддзі, Цэнтр тэрміновай экалагічнай дапамогі ААН і іншыя арганізацыі. Пералічаныя сусветныя экалагічныя арганізацыі праводзяць вялікую работу ў галіне аховы навакольнага асяроддзя. Арганізацыяй Аб'яднаных Нацый былі вылучаны тры глабальныя экалагічныя праблемы сучаснасці. Гэтыя праблемы трэба рашыць у першую чаргу, каб прадухіліць экалагічную катастрофу сусветнага маштабу. Гаворка ідзе аб змяненні клімату, апустыньванні і дэградацыі зямель, а так-

Мал. 101. Лагатып ЮНЕП — Праграмы ААН па навакольным асяроддзі

сама аб страце біялагічнай разнастайнасці. Пад эгідай ААН па трох пералічаных напрамках былі прыняты міжнародныя канвенцыі, падпісаныя практычна ўсімі краінамі свету.

У рамках Канвенцыі ААН аб змяненні клімату больш чым 180 краін падпісалі ў 1997 г. так называемы Кіёцкі пратакол. Гэты дакумент быў прыняты з мэтай прадухілення развіцця парніковага эфекту. Ён стаў першым глабальным пагадненнем аб ахове навакольнага асяроддзя. Сутнасць гэтага пратакола заключаецца ў рэгуляванні выкідаў у атмасферу парніковых газаў (перш за ўсё, вуглякіслага газу).

Безумоўна, паміж патрэбамі чалавека і магчымасцямі навакольнага асяроддзя неабходны ўстойлівы баланс. Толькі гарманічныя адносіны, а таксама экалагічнае ўсведамленне чалавекам прыроды змогуць забяспечыць далейшае ўстойлівае развіццё нашай цывілізацыі.

Канцэпцыя ўстойлівага развіцця ўпершыню была абвешчана ААН у 1992 г. як ідэя пераадолення глабальнага экалагічнага крызісу. Яна мае на ўвазе такое развіццё цывілізацыі, пры якім дзейнасць чалавека будзе максімальна ўзгоднена з законамі прыроды. У новым грамадстве галоўным вымярэннем чалавечага багацця павінны стаць духоўныя каштоўнасці і веды чалавека. Усё больш важнымі будуць не матэрыяльныя багацці, а натуральныя рэчы: чыстыя паветра і вада, здароўе саміх людзей і прыроды.

Вядучая перадумова ўстойлівага развіцця, якая з'яўляецца галоўнай састаўляючай усёй Канцэпцыі, — гэта ўсеагульная адказнасць. Усеагульная адказнасць складаецца з пачуцця асабістай адказнасці кожнага чалавека за сваё месца на планеце, а таксама за вынікі сваёй дзейнасці не толькі ў месцы пражывання, але і ў глабальным маштабе.

Неабходна разумець, што ўстойлівае развіццё — гэта творчы працэс дасягнення гармоніі ва ўсіх сферах развіцця ўзаемаадносін чалавека і прыроды. Рэалізацыя яго павінна пачынацца ўжо са школьнай парты.

У цяперашні час біясфера знаходзіцца ў стане глабальнага экалагічнага крызісу. Асноўнымі яго састаўляючымі з'яўляюцца: крызіс прыродных рэсурсаў, розныя прыродныя катаклізмы, забруджванне навакольнага асяроддзя з наступствамі, небяспечнымі для здароўя чалавека і жывых арганізмаў планеты. Толькі баланс паміж патрэбамі людзей і магчымасцямі прыроды, а таксама пачуццё асабістай адказнасці кожнага чалавека за стан навакольнага асяроддзя забяспечаць устойлівае развіццё нашай цывілізацыі.

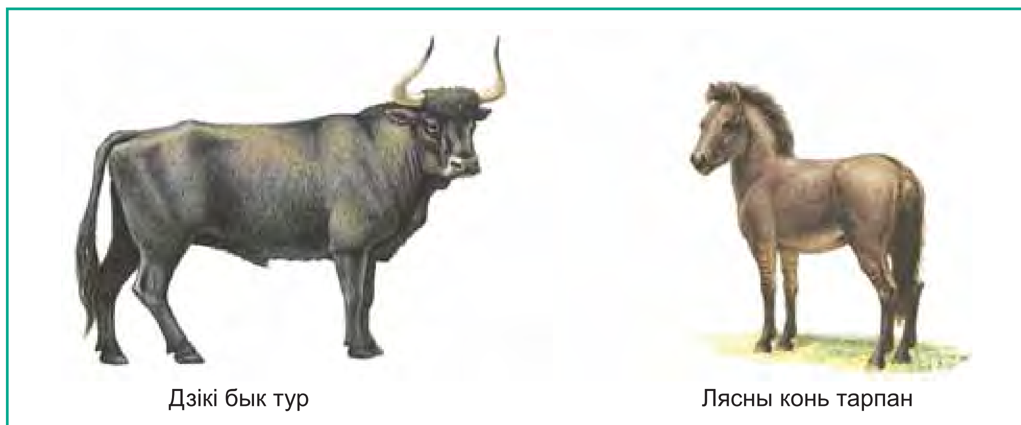
1. Прааналізуйце, у чым заключаюцца прычыны сучаснага экалагічнага крызісу. **2.** Якія наступствы чалавечай дзейнасці з’яўляюцца найбольш небяспечнымі ў развіцці экалагічных катастроф? **3.** Раскрыйце сутнасць Канцэпцыі ўстойлівага развіцця. Якія экалагічныя праблемы павінна рашаць дадзеная Канцэпцыя? **4.** У паўднёвай частцы Ціхага акіяна недалёка ад берагоў Чылі размешчаны востраў Пасхі. Некалі гэта быў квітнеючы востраў з багатай флорай і фаўнай. Асноўным промыслам мясцовых жыхароў была рыбная лоўля. У цяперашні час на востраве экалагічная катастрофа, якая звязана з апустыньваннем і дэградацыяй глебавага покрыва. Абгрунтуйце ланцужок падзей, якія маглі прывесці да такіх вынікаў.

§ 51. Запаведная справа і ахова прыроды

Ахова прыроды — сукупнасць міжнародных, дзяржаўных і рэгіянальных мерапрыемстваў для захавання, рацыянальнага выкарыстання і ўзнаўлення прыроды Зямлі. Дадзеная дзейнасць рэалізуецца ў інтарэсах сённяшняга і будучых пакаленняў людзей. Асноўнай задачай прыродаахоўнай дзейнасці з’яўляецца захаванне відавой разнастайнасці і генафонду флоры і фаўны планеты. Акрамя таго, вельмі важна захаваць глебавае покрыва Зямлі ад дэградацыі і апустыньвання і атмасфернае паветра — ад забруджвання.

Аснову біялагічнай разнастайнасці Рэспублікі Беларусь складаюць 11,5 тыс. відаў раслін і больш за 30 тыс. відаў жывёл. З іх на долю вышэйшых раслін прыпадае каля 2 тыс. відаў, а на долю пазваночных жывёл прыкладна 450 відаў. З пазваночных жывёл найбольшай відавой разнастайнасцю вылучаюцца птушкі — звыш 300 відаў (мал. 102).

Мал. 102. Белыя і чорныя буслы — сімвал і гонар Беларусі



Мал. 103. Вымерлыя жывёлы

Пад уплывам дзейнасці чалавека за апошнія восем стагоддзяў з тэрыторыі Беларусі знікла каля 250 відаў жывёл. Сярод іх: дзікі бык тур, лясны конь тарпан, якія з'яўляюцца поўнасцю вымерлымі на планеце (мал. 103). За гэты ж перыяд флора Беларусі згубіла каля 50 відаў вышэйшых раслін.

Наяўнасць у нашай краіне цэлага рада значных па тэрыторыі і ўнікальных па наборы экалагічных фактараў біятопаў вызначае ролю Беларусі ў захаванні біяразнастайнасці Еўропы ў цэлым. Гэта і абводненыя поймы рэк, і нізінныя і верхавыя балоты, і пойменныя дубровы, і бярэзнікі.

У цяперашні час у Беларусі гняздуецца да 60 % сусветнай папуляцыі вяртлявай чарацянкі, а таксама каля 50 % папуляцый малога падворліка і пагоніча, якія жывуць на тэрыторыі Еўропы. Водныя экасістэмы нашай краіны адыгрываюць важную ролю ў перыяд міграцый водна-балотных птушак. Напрыклад, у пойме Прыпяці падчас вясенніх міграцый спыняецца на кармленне больш за 80 тыс. асобін розных відаў гусей і качак.

Запаведная справа ў Беларусі бярэ пачатак 30 студзеня 1925 г. Гэтай датай адзначана з'яўленне першага ў краіне Бярэзінскага запаведніка. Мэта яго стварэння заключалася ў ахове і размнажэнні каштоўных відаў дзікіх жывёл, у прыватнасці рачных баброў. Зараз на тэрыторыі нашай краіны зафіксавана больш за 1200 асабліва ахоўных прыродных тэрыторый. Іх агульная плошча складае прыкладна 1600 тыс. га. Гэта каля 8 % усёй плошчы нашай рэспублікі.

Ахоўныя прыродныя тэрыторыі і аб'екты. У цяперашні час ахоўнымі прыроднымі тэрыторыямі з'яўляюцца запаведнікі, нацыянальныя паркі, заказнікі, рэзерваты, а ахоўнымі прыроднымі аб'ектамі — помнікі прыроды.

Запаведнікі — асабліва ахоўныя дзяржавай тэрыторыі, цалкам выключаныя з гаспадарчай дзейнасці чалавека.

Мэтай стварэння запаведнікаў з'яўляецца захаванне ў некранутым выглядзе натуральных прыродных згуртаванняў. Гэта таксама ахова раслін, жывёл і назіранне за працэсамі, якія адбываюцца на тэрыторыі запаведнікаў.

Запаведныя тэрыторыі, якія з'яўляюцца эталонамі біясферы, прынята называць біясфернымі запаведнікамі. На ўзроўні біясферных запаведнікаў арганізуецца глабальная сістэма маніторынгу (назіранняў) навакольнага асяроддзя.

Бярэзінскі біясферны запаведнік — гэта ўнікальны прыродны комплекс (мал. 104). Нідзе ў Еўропе на такой невялікай тэрыторыі няма такіх вялікіх і разнастайных па расліннасці балотных экасістэм. У Бярэзінскім запаведніку расце больш за 2 тыс. відаў раслін і жыве больш за 3,5 тыс. відаў жывёл. З іх каля 200 відаў занесены ў Чырвоную кнігу Рэспублікі Беларусь. Вельмі важная роля запаведніка ў захаванні беларускай папуляцыі бурага мядзведзя. Тут пражывае каля 40 асобін гэтага рэдкага віду жывёл. Уздоўж рэчышча Бярэзіны размяшчаюцца буйнейшыя ў Еўропе і ўнікальныя для поўначы Беларусі шыракалістыя лясы з дуба, ясеня, клёна, чорнай вольхі.

Палескі дзяржаўны радыяцыйна-экалагічны запаведнік размешчаны на тэрыторыі, якая найбольш пацярпела ад аварыі на Чарнобыльскай АЭС. Ён быў створаны ў 1988 г. з мэтай назірання за радыебіялагічнымі і экалагічнымі вынікамі аварыі. Гэтая запаведная тэрыторыя па-свойму ўнікальная. Тут ва ўмовах мінімальнага ўмяшальніцтва чалавека праводзяцца назіранні за развіццём дзікай прыроды ва ўмовах радыеактыўнага забруджвання. Сёння вучоныя запаведніка

Мал. 104. Бярэзінскі біясферны запаведнік — старэйшы ў Беларусі

праводзяць тут рэгулярны маніторынг радыеактыўнага забруджання тэрыторый, пацярпелых ад аварыі на Чарнобыльскай АЭС. У запаведніку таксама вывучаюцца спосабы аднаўлення глебы Беларусі, якая стала забруджанай радыенуклідамі.

Нацыянальныя паркі — вялікія ахоўныя ўчасткі тэрыторыі, на якіх размешчаны прыродныя комплексы, што ўяўляюць гістарычную, экалагічную і культурную каштоўнасць.

У нацыянальных парках вылучаюць зоны з запаведным рэжымам і зоны з характарам заказніка, дзе дазваляецца прысутнічаць чалавеку. Гэта турыстычныя маршруты і рэкрэацыйныя (якія выкарыстоўваюцца для аздараўлення і адпачынку) тэрыторыі. Першы ў свеце нацыянальны парк— Ёлаўстонскі — быў створаны ў ЗША ў 1872 г. Яго плошча каля 1 млн га. У Рэспубліцы Беларусь у цяперашні час дзейнічаюць 4 нацыянальныя паркі.

Нацыянальны парк Белавежская пушча з'яўляецца ўнікальным прыродным комплексам Беларусі. Белавежская пушча — адна са старэйшых ахоўных тэрыторый у свеце. У 2009 г. ёй споўнілася 600 гадоў. Белавежская пушча — буйнейшы масіў старажытных лясоў Еўропы. Іх сярэдні ўзрост больш за 100 гадоў, а на некаторых участках даходзіць да 250—350 гадоў. Па колькасці відаў раслін і жывёл Белавежская пушча не мае сабе роўных у Еўропе. Гонарам пушчы з'яўляюцца зубры (мал. 105). Тут жыве самая вялікая ў свеце папуляцыя гэтых жывёл.

Мал. 105. Зубры — гонар і веліч Белавежскай пушчы

У беларускай частцы пушчы іх каля 230. Флора і фаўна Белавежскай пушчы прадстаўлены вялікай колькасцю рэдкіх відаў раслін і жывёл, занесеных у Чырвоную кнігу Рэспублікі Беларусь. У 1992 г. рашэннем ЮНЕСКА Нацыянальны парк Белавежская пушча быў уключаны ў Спіс сусветнай спадчыны чалавецтва.

Мал. 106. Нацыянальны парк Браслаўскія азёры

Нацыянальны парк Браслаўскія азёры — яркае сведчанне таго, чаму нашу краіну называюць сінявокай. Тут на параўнальна невялікай тэрыторыі знаходзіцца больш за 30 азёр (мал. 106). У парку пражывае каля 200 відаў птушак, у тым ліку рэдкія віды: чорны бусел, шэры журавель, шызая чайка, белая курапатка і інш. Для Браслаўскіх азёр характэрна вялікая разнастайнасць відаў рыб: лінь, сняток, рапушка, вугор і інш.

Нацыянальны парк Прыпяцкі славіцца багатай відавой разнастайнасцю арнітафаўны (птушак). Гэта асаблівасць дазволіла яму атрымаць міжнародны статус ключавой арніталагічнай тэрыторыі (мал. 107). У парку гняздуюцца птушкі, якія

Мал. 107. Ландшафты Нацыянальнага парку Прыпяцкі

Мал. 108. Нацыянальны парк Нарачанскі

знаходзяцца пад глабальнай пагрозай знікнення (еўрапейскі статус аховы) — вялікі падворлік і драч. Адзначана гнездаванне рэдкай для Беларусі птушкі — вялікай белай чаплі.

Нацыянальны парк Нарачанскі быў створаны ў 1998 г. (мал. 108). Мэтай яго стварэння было, па-першае, захаванне прыродных комплексаў лясоў і лугоў, якія прылягаюць да возера Нарач. Па-другое, патрабавалася больш поўнае і эфектыўнае выкарыстанне рэкрэацыйных рэсурсаў дадзенага возера. На тэрыторыі нацыянальнага парку пастаянна пражывае каля 50 відаў млекакормячых і гняздуецца каля 180 відаў птушак. Іхтыяфаўна прадстаўлена больш чым 30 відамі рыб. Асаблівую фаўністычную каштоўнасць уяўляюць рэдкія і ахоўныя ў Беларусі віды: барсук, чорнаваллёвая гагара, скапа і інш.

Заказнікі — участкі ахоўнай прыроднай тэрыторыі, на якой пастаянна або часова забаронены асобныя віды гаспадарчай дзейнасці чалавека. Да іх адносяць рыбалоўства, паляванне, сенакос. Пад аховай у заказніках знаходзіцца не ўвесь прыродны комплекс, а толькі некаторыя яго элементы. Напрыклад, асобныя віды раслін, жывёл, гістарычныя або геалагічныя аб’екты. Па стане на пачатак 2014 г. на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь дзейнічала 85 заказнікаў рэспубліканскага і 249 заказнікаў мясцовага значэння.

Сярод заказнікаў рэспубліканскага значэння асабліва вылучаецца *Свіцязянскі ландшафтны заказнік*. Яго жамчужынай з’яўляецца крыштальна чыстае возера Свіцязь, усхваленае яшчэ Адамам Міцкевічам у баладзе пра зніклы горад. Гэта старажытнае возера, яго ўзрост больш за 10 тыс. гадоў. Возеру Свіцязь прысвоены статус помніка прыроды рэспубліканскага значэння.

Рэзерваты — невялікія прыродныя тэрыторыі, створаныя для аховы аднаго з элементаў прыроднага комплексу. Прыкладамі рэзерватаў могуць быць азёры, участкі рачных далін, узбярэжжаў.

У 2011 г. у Беларусі быў створаны першы міжнародны біясферны рэзерват «Заходняе Палессе». Беларуская частка рэзервата знаходзіцца ў басейне ракі Заходні Буг у заходняй частцы Беларускага Палесся. Рэзерват з'яўляецца адзінай раўніннай тэрыторыяй Еўропы, ахову якой ажыццяўляюць адначасова тры дзяржавы (Беларусь, Украіна, Польшча). Дадзеная мясцовасць маланаселена, на ёй практычна адсутнічаюць прамысловыя прадпрыемствы. Усё гэта з'яўляецца добрай перадумовай для прыродаахоўнай дзейнасці. Тут можна выпускаць экалагічна чыстыя прадукты харчавання і аздараўляць насельніцтва.

Помнікі прыроды — асобныя ахоўныя прыродныя аб'екты жывой і нежывой прыроды, унікальныя ў навуковых, культурных, гісторыка-мемарыяльных і эстэтычных адносінах. У Беларусі налічваецца каля 900 помнікаў прыроды.

Напрыклад, статус батанічных помнікаў прыроды прысвоен Цэнтральнаму батанічнаму саду Нацыянальнай акадэміі навук Рэспублікі Беларусь у Мінску, Мірскаму парку ў Гродзенскай вобласці і асобным рэдкім, вычварнай формы раслінам або дрэвам-веліканам. Геалагічнымі помнікамі прыроды з'яўляюцца векавыя камяні-валуны. Яны сустракаюцца ў розных рэгіёнах краіны. Напрыклад, валун «Князь-камень» у Барысаўскім раёне Мінскай вобласці, «Камень-волат» у Дзятлаўскім раёне Гродзенскай вобласці і інш.

Чырвоная кніга — унікальны спіс відаў жывёл, раслін, грыбоў, лішайнікаў і пратыстаў, якія з'яўляюцца рэдкімі або знаходзяцца пад пагрозай знікнення.

Гісторыя Чырвоных кніг пачалася ў Парыжы ў 1902 г. Менавіта тут шэраг краін падпісалі першую ў сваім родзе Чырвоную кнігу — Міжнародную канвенцыю па ахове птушак. Асноўнай мэтай гэтай канвенцыі было стварэнне сусветнага спіса відаў птушак, якім пагражае знікненне. Для таго каб падкрэсліць асобую значнасць гэтага спіса, было прапанавана назваць яго Чырвонай кнігай. Вялікую работу па стварэнні Міжнароднай Чырвонай кнігі праводзіць Міжнародны саюз аховы прыроды (МСАП). Дзякуючы намаганням МСАП у 1963 г. з'явілася першае выданне Міжнароднай Чырвонай кнігі. У наступным выданні гэтай кнігі называюцца 47 677 відаў сусветнай флоры і фаўны. Трэцяя частка з іх знаходзіцца на грані знікнення.

Адной з мер аховы прыроды ў Беларусі з'яўляецца стварэнне *Чырвонай кнігі Рэспублікі Беларусь* (мал. 109). Асноўная яе задача заключаецца ў прыцягненні ўвагі грамадскасці да відаў жывых арганізмаў, якія рызыкуюць хутка знікнуць. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь змяшчае інфармацыю аб рэдкіх і знікаючых відах жывых

Мал. 109. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь

арганізмаў. У кнізе змяшчаюцца дадзеныя аб біялогіі, месцах распаўсюджвання рэдкіх відаў на тэрыторыі краіны і вызначаецца пералік мерапрыемстваў па іх ахове.

Асноўныя напрамкі прыродаахоўнай дзейнасці ў Рэспубліцы Беларусь рэалізуюцца праз развіццё сістэмы асабліва ахоўных тэрыторый (запаведнікаў, заказнікаў, нацыянальных паркаў і інш.), стварэнне Чырвонай кнігі, экалагічную адукацыю і выхаванне падрастаючага пакалення. У Рэспубліцы Беларусь у цяперашні час дзейнічаюць 2 запаведнікі, 4 нацыянальныя паркі, 85 заказнікаў рэспубліканскага і 249 заказнікаў мясцовага значэння.

1. Ахарактарызуйце асноўныя віды прыродаахоўнай дзейнасці. **2.** Які з відаў прыродаахоўнай дзейнасці, на ваш погляд, з'яўляецца найбольш дзейсным? **3.** Прааналізуйце, які ўклад у ахову прыроды могуць і павінны ўносіць вучні школ. **4.** Складзіце чырвоны сшытак той мясцовасці, дзе вы жывяце. Уключыце ў яго ахоўныя (занесеныя ў Чырвоную кнігу Рэспублікі Беларусь) і рэдкія для вашага рэгіёна віды. **5.** Скапа занесена ў Чырвоную кнігу Рэспублікі Беларусь і мае II катэгорыю аховы. Гняздуецца яна ўсюды, выбіраючы мелкаводныя акваторыі з мноствам рыбы. Скапа з'яўляецца тыпічным стэнатрофным арганізмам — яе рацыён на 98 % складаецца з рыбы. Выкарыстаўшы дадзеную інфармацыю, вызначце, што можа пагражаць колькасці дадзенай птушкі. Прапануйце мерапрыемствы па захаванні папуляцыі скапы ў Беларусі.

§ 52. Рацыянальнае прыродакарыстанне

Паняцце рацыянальнага прыродакарыстання. ***Рацыянальнае прыродакарыстанне*** — тып узаемаадносін чалавека з навакольным асяроддзем, пры якім людзі здольныя разумна асвойваць прыродныя рэсурсы і папярэджваць негатыўныя вынікі сваёй дзейнасці. Прыкладам рацыянальнага прыродакарыстання з'яўляецца стварэнне культурных ландшафтаў, прымяненне малаадходных і безадходных тэхналогій. Да рацыянальнага прыродакарыстання адносяць укараненне біялагічных метадаў барацьбы са шкоднікамі сельскай гаспадаркі. Рацыянальным прыродакарыстаннем таксама можна лічыць стварэнне экалагічна чыстых відаў паліва, удасканальванне тэхналогій здабычы і транспарціроўкі прыроднай сыравіны і інш.

У нашай краіне ажыццяўленне рацыянальнага прыродакарыстання кантралюецца на дзяржаўным узроўні. З гэтай мэтай прынята шэраг прыродаахоўных законаў. Сярод іх законы «Аб ахове і выкарыстанні жывёльнага свету», «Аб абыходжанні з адходамі», «Аб ахове атмасфернага паветра».

Стварэнне малаадходных і безадходных тэхналогій. ***Малаадходныя тэхналогіі*** — вытворчыя працэсы, якія забяспечваюць максімальна поўнае выкарыстанне перапрацоўваемай сыравіны і ўтвораных адходаў. Пры гэтым у навакольнае асяроддзе вяртаюцца рэчывы ў адносна бясшкодных кольнасцях.

Частка глабальнай праблемы ўтылізацыі цвёрдых бытавых адходаў з'яўляецца праблема перапрацоўкі другаснай палімернай сыравіны (асабліва пластыкавых бутэлек). У Беларусі іх штомесяц выкідваецца каля 20—30 млн штук. На сённяшні дзень айчыннымі вучонымі распрацавана і прымяняецца ўласная тэхналогія, якая дазваляе перапрацоўваць пластыкавыя бутэлькі ў валакністыя матэрыялы. Яны служаць фільтрамі для ачышчэння забруджаных сцёкавых вод ад гаруча-змазачных матэрыялаў, а таксама знаходзяць шырокае прымяненне на аўтазаправачных станцыях. Фільтры, выраблены з другаснай сыравіны, па сваіх фізіка-хімічных паказчыках не саступаюць аналагам, зробленым з першасных палімераў. Да таго ж іх кошт у некалькі разоў ніжэйшы. Акрамя таго, з атрыманага валакна вырабляюць шчоткі машынных мыек, упаковачную стужку, чарапіцу, тратуарную плітку і інш.

Распрацоўка і ўкараненне малаадходных тэхналогій дыктуецца інтарэсамі прыродаахоўнай дзейнасці і з'яўляецца крокам да распрацоўкі безадходных тэхналогій. ***Безадходныя тэхналогіі*** падразумяваюць поўны пераход вытворчасці да замкнёнага рэсурснага цыкла без якога-небудзь уздзеяння на навакольнае асяроддзе.

Пачынаючы з 2012 г. у СВК «Рассвет» (Магілёўская вобласць) запушчана буйнейшая ў Беларусі біягазавая ўстаноўка. Яна дазваляе перапрацоўваць арганічныя адходы (гной, памёт птушак, бытавыя адходы і інш.). Пасля перапрацоўкі атрымліваюць газападобнае паліва — біягаз. Дзякуючы біягазу гаспадарка можа цалкам адмовіцца ад абагрэву цяпліц у зімні перыяд дарагім прыродным газам. Акрамя біягазу, з адходаў вытворчасці атрымліваюць і экалагічна чыстыя арганічныя ўгнаенні. Дадзеныя ўгнаенні без патагеннай мікрафлоры, насення пустазелля, нітрытаў і нітратаў.

Другім прыкладам безадходнай тэхналогіі можа служыць вытворчасць сыроў на большасці малочных прадпрыемстваў Беларусі. У гэтым выпадку атрыманая ад вытворчасці сыру абястлушчаная і без бялкоў сыроватка цалкам выкарыстоўваецца як сыравіна для хлебапякарнай прамысловасці.

Укараненне малаадходных і безадходных тэхналогій мае на ўвазе таксама пераход да наступнага кроку ў рацыянальным прыродакарыстанні. Гэта выкарыстанне нетрадыцыйных, экалагічна чыстых і невычарпальных прыродных рэсурсаў.

Для эканомікі нашай рэспублікі выкарыстанне ветру як альтэрнатыўнай крыніцы энергіі асабліва актуальна. На тэрыторыі Навагрудскага раёна Гродзенскай вобласці паспяхова працуе ветраэнергетычная ўстаноўка магутнасцю 1,5 мВт. Гэтай магутнасці цалкам дастаткова для забеспячэння электрычнасцю горада Навагрудка, у якім жыве больш за 30 тыс. жыхароў. У блі-

Мал. 110. Ветрапарк — прыклад выкарыстання нетрадыцыйнага энергетычнага рэсурсу

жэйшы час у рэспубліцы з'явіцца больш за 10 ветрапаркаў (мал. 110) з магутнасцю больш за 400 мВт.

Больш пяці гадоў на цяплічным камбінаце «Бярэсце» (г. Брэст) у Беларусі эксплуатуецца геатэрмальная станцыя, якая ў працэсе работы не выкідвае ў атмасферу вуглякіслы газ, аксіды серы і сажу. У той жа час дадзены від энергіі зніжае залежнасць краіны ад імпартных энерганосьбітаў. Беларускія вучоныя падлічылі, што дзякуючы атрыманню з нетраў зямлі цёплай вады эканомія прыроднага газу складае каля 1 млн $м^3$ за год.

Шляхі экалагізацыі сельскай гаспадаркі і транспарту. Прынцыпы рацыянальнага прыродакарыстання, акрамя прамысловасці, рэалізуюцца і ў іншых сферах гаспадарчай дзейнасці чалавека. У сельскай гаспадарцы крайне важна ўкараненне біялагічных метадаў барацьбы са шкоднікамі раслін замест хімічных сродкаў — пестыцыдаў. Напрыклад, божая кароўка з'яўляецца добрай біялагічнай абаронай ад тлей і іх лічынак для дрэвавых і травяністых раслін. Колькасць вусеняў некаторых відаў шкоднікаў можна кантраляваць пры дапамозе паразітычных перапончатакрылых. Напрыклад, наезднікі адкладваюць у іх аплодненыя яйкі. Трыхаграму ў Беларусі прымяняюць для барацьбы з яблыневай пладажэр-

кай і капуснай соўкай. Жужалі-красацелы, якія жывяцца вусенямі пядзенікаў і шаўкапрадаў, з'яўляюцца абаронцамі лесу.

Распрацоўка экалагічна чыстых відаў паліва для транспарту не менш важная, чым стварэнне новых аўтамабільных тэхналогій. Сёння вядома нямала прыкладаў, калі ў якасці паліва ў транспартных сродках выкарыстоўваецца спірт і вадарод. На жаль, масавага распаўсюджвання дадзеныя віды паліва пакуль не атрымалі з-за нізкай эканамічнай эфектыўнасці іх выкарыстання. У той жа час усё шырэй сталі выкарыстоўвацца так называемыя гібрыдныя аўтамабілі. Разам з рухавіком унутранага згарання ў іх ёсць і электрарухавік, які прызначаецца для перамяшчэння ў межах гарадоў.

У цяперашні час у Беларусі працуюць тры прадпрыемствы, якія выпускаюць біядызельнае паліва для рухавікоў унутранага згарання. Гэта ААТ «Гродна Азот» (г. Гродна), ААТ «Магілёўхімвалакно» (г. Магілёў), ААТ «Белшына» (г. Бабруйск). Гэтыя прадпрыемствы выпрацоўваюць каля 800 тыс. тон біядызельнага паліва ў год, большая частка якога экспартуецца. Беларускае біядызельнае паліва ўяўляе сабой сумесь нафтавага дызельнага паліва і біякампанента на аснове рапсавага алею і метанолу ў суадносінах 95 % і 5 % адпаведна. Дадзенае паліва дазваляе знізіць выкіды вуглякіслага газу ў атмасферу ў параўнанні са звычайным дызельным палівам. Вучоныя вызначылі, што вытворчасць біядызельнага паліва дазволіла нашай краіне скараціць закупку нафты на 300 тыс. т у год.

Вядома таксама, што сонечныя батарэі выкарыстоўваюцца ў якасці крыніцы энергіі для транспарту. У ліпені 2010 г. швейцарскі пілатуемы самалёт з сонечнымі батарэямі на крылах упершыню ў свеце правёў у паветры 24 г. Пры гэтым ён дасягнуў вышыні каля 8,5 км, выкарыстоўваючы падчас палёту выключна сонечную энергію.

Захаванне генафонду. Віды жывых арганізмаў планеты ўнікальныя. У іх захоўваецца інфармацыя аб усіх этапах эвалюцыі біясферы, што мае практычнае і вялікае пазнавальнае значэнне. У прыродзе няма бескарысных або шкодных відаў, усе яны неабходны для ўстойлівага развіцця біясферы. Любы зніклы від ніколі больш не з'явіцца на Зямлі. Таму ва ўмовах павышанага антрапагеннага ўздзеяння на навакольнае асяроддзе крайне важна захаваць генафонд існуючых відаў планеты. У Рэспубліцы Беларусь для гэтай мэты распрацавана наступная сістэма мерапрыемстваў:

- стварэнне прыродаахоўных тэрыторый — запаведнікаў, нацыянальных паркаў, заказнікаў і г. д.;
- распрацоўка сістэм назірання за станам навакольнага асяроддзя — экалагічнага маніторынгу;

• распрацоўка і прыняцце прыродаахоўных законаў, якія прадугледжваюць розныя формы адказнасці за негатыўнае ўздзеянне на навакольнае асяроддзе. Адказнасць датычыцца забруджвання біясферы, парушэнне рэжыму запаведных тэрыторый, браканьерства, негуманныя адносіны да жывёл і інш.;

• развядзенне раслін і жывёл, якія з'яўляюцца рэдкімі і знаходзяцца на грані знікнення. Перасяленне іх на ахоўныя тэрыторыі або ў новыя спрыяльныя месцы пражывання;

• стварэнне генетычнага банка даных (насення раслін, палавых і саматычных клетак жывёл, раслін, спораў грыбоў, здольных да ўзнаўлення ў будучым). Гэта актуальна для захоўвання каштоўных сартоў раслін і парод жывёл або тых відаў, якія знаходзяцца пад пагрозай знікнення;

• правядзенне рэгулярнай працы па экалагічнай адукацыі і выхаванні ўсяго насельніцтва, і асабліва падрастаючага пакалення.

Рацыянальнае прыродакарыстанне — тып узаемаадносін чалавека з навакольным асяроддзем, пры якім чалавек здольны разумна асвойваць прыродныя рэсурсы і папярэджваць негатыўныя вынікі сваёй дзейнасці. Прыкладам рацыянальнага прыродакарыстання з'яўляецца выкарыстанне малаадходных і безадходных тэхналогій у прамысловасці, а таксама экалагізацыя ўсіх сфер гаспадарчай дзейнасці чалавека.

1. Растлумачце значэнне паняцця «рацыянальнае прыродакарыстанне». **2.** Раскрыйце сутнасць малаадходных і безадходных тэхналогій. Прывядзіце прыклады іх прымянення ў вашым рэгіёне. **3.** У чым, на ваш погляд, заключаецца сэнс фразы «Транспартная сістэма можа быць экалагічна чыстай толькі ў той меры, у якой чыстыя яе крыніцы энергіі»? Адказ растлумачце на канкрэтных прыкладах. **4.** Ахарактарызуйце напрамкі работ, якія праводзяцца ў Беларусі для захавання біяразнастайнасці і генафонду жывой прыроды. **5.** У нашай краіне ў апошні час распаўсюджана сартаванне смецця. Абгрунтуйце сэнс дадзенага мерапрыемства з пазіцыі рацыянальнага прыродакарыстання і ўстойлівага развіцця.

Дадатак А

Рашэнне задач на складанне і аналіз ланцугоў харчавання*

Задача 1 (I). За месяц жаба на лузе з'ела лістагрызучых насякомых агульнай масай 200 г. Чаму роўна маса (у кг) усяго рацыёну жабы за лета, калі дадзены від корму складае ў ім 25 %?

Рашэнне

1. Складзём пашавы ланцуг харчавання, зыходзячы з таго, хто кім харчуецца:

лістагрызучыя насякомыя ⟶ жаба
200 г — 25 % ад рацыёну

2. Ведаючы масу з'едзеных жабай за месяц лістагрызучых насякомых і іх працэнт ад агульнага рацыёну, складзём прапорцыю і вызначым агульны рацыён жабы за месяц:

$$200 \text{ г} — 25 \%$$
$$x \text{ г} — 100 \%$$
$$x = 200 \cdot 100 : 25 = 800 \text{ г.}$$

3. Агульны рацыён жабы за месяц роўны 800 г. Каб даведацца, чаму роўна маса ўсяго рацыёну жабы за лета, трэба атрыманую велічыню памножыць на 3 (месяцы):

$$800 \cdot 3 = 2400 \text{ г} = 2{,}4 \text{ кг.}$$

Адказ: маса рацыёну жабы за лета роўна 2,4 кг.

Задача 2 (II). На пшанічным полі пражывае папуляцыя мышэй палёвак. Сярэдняя маса адной палёўкі складае 25 г. На працягу лета сям'я беркутаў вылавіла 80 палёвак. Якая колькасць здабытага корму была расходавана на выкормліванне птушанят, калі 40 % масы спажывалі дарослыя птушкі?

Рашэнне

1. Складзём пашавы ланцуг харчавання, зыходзячы з таго, хто кім корміцца:

80 асобін
палёўкі ⟶ беркуты і іх птушаняты
1 палёўка — 25 г

2. Ведаючы, што за лета сям'я беркутаў вылавіла 80 палёвак з сярэдняй масай адной палёўкі 25 г, падлічым агульную масу корму беркутаў:

$$80 \cdot 25 = 2000 \text{ г.}$$

*Пасля нумара задачы рымскай лічбай паказаны ўзровень складанасці.

3. Ведаючы агульную масу корму, вызначым масу корму, спажытага беркутамі, склаўшы прапорцыю:

$$2000 \text{ г} — 100\ \%$$
$$x \text{ кг} — 40\ \%$$
$$x = 2000 \cdot 40 : 100 = 800 \text{ г.}$$

4. Каб вызначыць масу корму (у кг), выкарыстанага на выкормліванне птушанят, трэба ад агульнай масы корму адняць масу корму, спажытага дарослымі птушкамі:

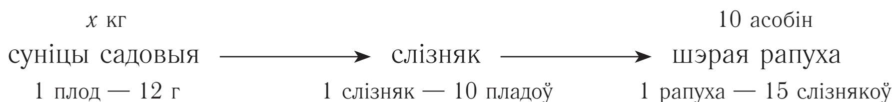
$$2000 - 800 = 1200 \text{ г} = 1{,}2 \text{ кг.}$$

Адказ: маса корму, расходаванага на выкормліванне птушанят, складае 1,2 кг.

Задача 3 (III). Адзін слізняк на дачным участку за сезон можа пашкодзіць да 10 пладоў суніц садовых з сярэдняй масай аднаго плода 12 г. Шэрая рапуха за гэты перыяд можа з’есці да 15 слізнякоў. Вызначце велічыню ўраджаю суніц садовых, якую здольны захаваць на дачным участку за сезон 10 шэрых рапух, якія палююць на слізнякоў. Адказ выразіце ў кілаграмах.

Рашэнне

1. Складзём пашавы ланцуг харчавання, зыходзячы з таго, хто кім харчуецца:



2. Ведаючы, што адна шэрая рапуха за сезон можа з’есці да 15 слізнякоў, разлічым, колькі слізнякоў за сезон могуць з’есці 10 рапух:

$$10 \cdot 15 = 150 \text{ слізнякоў.}$$

3. Паколькі адзін слізняк на дачным участку за сезон можа пашкодзіць да 10 пладоў суніц садовых, даведаемся, колькі пладоў суніц здольны пашкодзіць 150 слізнякоў:

$$150 \cdot 10 = 1500 \text{ пладоў суніц.}$$

4. Ведаючы, што сярэдняя маса аднаго плода суніц садовых складае 12 г, вызначым агульную масу пладоў у кг:

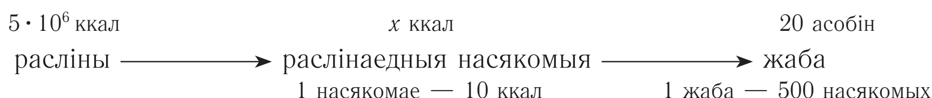
$$1500 \cdot 12 = 18\,000 \text{ г} = 18 \text{ кг.}$$

Адказ: за сезон 10 шэрых рапух могуць захаваць да 18 кг суніц садовых. Значыць, шэрыя рапухі прыносяць чалавеку карысць і іх нельга знішчаць.

Задача 4 (IV). Расліны лугу за летнія месяцы засвоілі $5 \cdot 10^6$ ккал сонечнай энергіі. Вядома, што на лузе пражывала 20 жаб, а адна жаба за месяц здольна з'ядаць да 500 раслінаедных насякомых, кожнае з якіх, з'ядаючы расліну, засвойвае прыкладна 10 ккал энергіі. Які працэнт засвоенай энергіі ў складзе раслін лугу быў бы забраны раслінаеднымі насякомымі за гэты перыяд, калі б 20 % іх колькасці не з'елі жабы?

Рашэнне

1. Складзём пашавы ланцуг харчавання, зыходзячы з таго, хто кім харчуецца:



2. Ведаючы колькасць жаб на лузе і колькі адна жаба здольна з'есці раслінаедных насякомых за месяц, вызначым агульную колькасць з'едзеных насякомых:

$$20 \cdot 500 = 10\,000 \text{ насякомых.}$$

3. Паколькі было з'едзена толькі 20 % раслінаедных насякомых, складзём прапорцыю і разлічым агульную колькасць усіх насякомых:

$$10\,000 — 20 \%$$
$$x — 100 \%$$
$$x = 10\,000 \cdot 100 : 20 = 50\,000 \text{ насякомых.}$$

4. Агульная колькасць ралінаедных насякомых роўна 50 000. Ведаючы, што адно насякомае ў складзе раслiннай ежы засвоіла 10 ккал энергіі, разлічым колькасць энергіі, якая была б спажыта ўсімі насякомымі:

$$10 \cdot 50\,000 = 500\,000 \text{ ккал} = 5 \cdot 10^5 \text{ ккал.}$$

5. Ведаючы колькасць энергіі, якая была б спажыта ўсімі насякомымі, разлічым працэнт сонечнай энергіі, які быў бы спажыты гэтымі насякомымі, калі б частку з іх не з'елі жабы:

$$5 \cdot 10^6 \text{ ккал} — 100 \%$$
$$5 \cdot 10^5 \text{ ккал} — x \%$$
$$x = 5 \cdot 10^5 \text{ ккал} \cdot 100 : 5 \cdot 10^6 \text{ ккал} = 10 \% \text{ (за адзін месяц).}$$

6. Каб даведацца колькасці спажытай энергіі за летнія месяцы, трэба атрыманую велічыню памножыць на 3:

$$10\ \% \cdot 3 = 30\ \%.$$

Адказ: раслінаедныя насякомыя за лета забралі б 30 % энергіі, засвоенай раслінамі лугу, калі б частку гэтых насякомых не з'елі жабы.

Задача 5 (V). Пачатковая колькасць папуляцыі аленяў у лесе складае 2000 асобін. На аленяў палююць ваўкі. Папуляцыя аленяў павялічвае сваю колькасць на 40 % за год. Пачатковая колькасць папуляцыі ваўкоў складае 20 асобін, адзін воўк штогод спажывае ў сярэднім да 31 асобіны аленяў. Якой стане колькасць папуляцыі аленяў праз год пры ўмове, што колькасць папуляцыі ваўкоў не зменіцца? Якой павінна быць пачатковая колькасць папуляцыі ваўкоў, каб колькасць папуляцыі аленяў была адносна стабільнай (г. зн. раўнялася прыкладна 2000 асобін)?

Рашэнне

1. Складзём пашавы ланцуг харчавання, зыходзячы з таго, хто кім корміцца:

2. Ведаючы пачатковую колькасць аленяў і працэнт іх гадавога прыросту, складзём прапорцыю і вызначым прырост колькасці папуляцыі аленяў да канца першага года:

$$2000 — 100\ \%$$
$$x — 40\ \%$$
$$x = 2000 \cdot 40 : 100 = 800 \text{ аленяў.}$$

3. Ведаючы гадавы прырост колькасці аленяў, вызначым агульную колькасць папуляцыі аленяў да канца першага года без уплыву ваўкоў:

$$2000 + 800 = 2800 \text{ аленяў.}$$

4. Ведаючы, колькі аленяў з'ядае за год адзін воўк, вызначым колькасць аленяў, з'едзеных папуляцыяй ваўкоў за год:

$$20 \cdot 31 = 620 \text{ аленяў.}$$

5. Ведаючы колькаць аленяў, з'едзеных ваўкамі за год, вызначым колькасць аленяў, якія засталіся жывымі да канца года:

$$2800 - 620 = 2180 \text{ аленяў.}$$

6. Ведаючы колькасць аленяў, якія засталіся жывымі да канца года, вызначым колькасць аленяў, якіх яшчэ могуць з'есці ваўкі без парушэння стабільнасці колькасці папуляцыі аленяў:

$$2180 - 2000 = 180 \text{ аленяў.}$$

7. Ведаючы, колькі аленяў за год з'ядае адзін воўк, вызначым колькасць ваўкоў, якія змогуць пракарміцца 180 аленямі:

$$180 : 31 = 6 \text{ ваўкоў.}$$

8. Ведаючы наяўную колькасць ваўкоў, вызначым пачатковую колькасць папуляцыі ваўкоў, якая не парушыць стабільнасць колькасці папуляцыі аленяў:

$$20 + 6 = 26 \text{ ваўкоў.}$$

Адказ: колькасць папуляцыі аленяў праз год будзе роўна 2180 асобін. Пры пачатковай колькасці папуляцыі ваўкоў у 26 асобін колькасць папуляцыі аленяў будзе адносна стабільнай (г. зн. прыкладна роўнай 2000 асобін).

Дадатак Б

Рашэнне задач на аналіз ператварэння рэчыва і энергіі ў ланцугу харчавання, правіла 10 %

Задача 1 (I). Палёўкі за лета з'елі каля 5 кг/га зерня пшаніцы на калгасным полі плошчай 12 га. Вызначце велічыню прыросту біямасы мышэй, калі ў дадзеным ланцугу харчавання захоўваецца правіла 10 %.

Рашэнне

1. Складзём пашавы харчовы ланцуг:

зерне пшаніцы (5 кг/га) —10 %→ мышы палёўкі (x кг)

2. Ведаючы плошчу поля і колькасць зерня, якое з'ядаюць мышы на 1 га, вызначым агульную масу з'едзенага зерня:

$$5 \cdot 12 = 60 \text{ кг.}$$

3. Ведаючы масу з'едзенага зерня, на аснове правіла 10 % складзём прапорцыю і вызначым велічыню прыросту біямасы мышэй:

60 кг — 100 %
x кг — 10 %
$$x = 60 \cdot 10 : 100 = 6 \text{ кг.}$$

Адказ: прырост біямасы мышэй за лета склаў 6 кг.

Задача 2 (II). Колькі адпаведна з правілам 10 % трэба фітапланктону ў год, каб прырост плоткі ў возеры склаў 125 кг/год, калі ўлічыць, што плотка харчуецца дробнымі беспазваночнымі, якія выкарыстоўваюць у якасці корму фітапланктон?

Рашэнне

1. Складзём пашавы харчовы ланцуг:

фітапланктон (x кг) —10 %→ дробныя беспазваночныя —10 %→ плотка (125 кг)

2. Ведаючы прырост біямасы плоткі за год, на аснове правіла 10 % складзём прапорцыю і вызначым біямасу з'едзеных дробных беспазваночных за год:

125 кг — 10 %
x кг — 100 %
$$x = 125 \cdot 100 : 10 = 1250 \text{ кг.}$$

3. Ведаючы біямасу з'едзеных дробных беспазваночных за год, на аснове правіла 10 % складзём прапорцыю і вызначым біямасу фітапланктону, якую спажылі гэтыя дробныя беспазваночныя:

$$1250 \text{ кг} — 10\ \%$$
$$x \text{ кг} — 100\ \%$$
$$x = 1250 \cdot 100 : 10 = 12\,500 \text{ кг} = 12{,}5 \text{ т.}$$

Адказ: каб прырост плоткі ў возеры склаў 125 кг/год, трэба 12,5 т фітапланктону ў год.

Задача 3 (III). Канюк за лета з'ядае да 80 мышэй з сярэдняй масай 20 г. Улічваючы правіла 10 %, вызначце, колькі зерня збераджэцца на пшанічным полі, калі на працягу лета там будзе паляваць на мышэй 4 пары канюкоў.

Рашэнне

1. Складзём пашавы харчовы ланцуг:

$$\underset{зерне}{x \text{ кг}} \xrightarrow{10\ \%} мышы \xrightarrow{10\ \%} \underset{канюкі}{8 \text{ асобін}}$$

2. Ведаючы колькасць канюкоў, што палявалі, і колькасць мышэй, з'едзеных адным канюком, вызначым колькасць мышэй, з'едзеных канюкамі за лета:

$$8 \cdot 80 = 640 \text{ мышэй.}$$

3. Ведаючы сярэднюю масу адной мышы, вызначым агульную масу ўсіх з'едзеных мышэй:

$$20 \cdot 640 = 12\,800 \text{ г} = 12{,}8 \text{ кг.}$$

4. На аснове правіла 10 % складзём прапорцыю і вызначым біямасу зерня, якое захавалася на пшанічным полі:

$$12{,}8 \text{ кг} — 10\ \%$$
$$x \text{ кг} — 100\ \%$$
$$x = 12{,}8 \cdot 100 : 10 = 128 \text{ кг.}$$

Адказ: на пшанічным полі будзе захавана 128 кг зерня дзякуючы знішчэнню мышэй канюкамі.

Задача 4 (IV). У возеры папуляцыя карасёў за сезон з'ядае ў сярэднім 50 кг планктонных ракападобных (зоапланктону). Які сярэдні прырост біямасы за год можна чакаць у папуляцыі шчупакоў з разліку на адну асобіну, калі ў іх рацыёне карась складае 20 %? Колькасць папуляцыі шчупакоў — 20 асобін. Пераход біямасы ў дадзеным ланцугу харчавання падпарадкоўваецца правілу 10 %.

Рашэнне

1. Складзём пашавы харчовы ланцуг:

2. Ведаючы біямасу зоапланктону, на аснове правіла 10 % складзём прапорцыю і вызначым сярэдні прырост біямасы папуляцыі карасёў за сезон:

$$50 \text{ кг} — 100 \%$$
$$x \text{ кг} — 10 \%$$
$$x = 50 \cdot 10 : 100 = 5 \text{ кг.}$$

3. Ведаючы, што карасі ў рацыёне шчупакоў складаюць 20 %, складзём прапорцыю і вызначым сярэднюю велічыню рацыёну шчупакоў за сезон:

$$5 \text{ кг} — 20 \%$$
$$x \text{ кг} — 100 \%$$
$$x = 5 \cdot 100 : 20 = 25 \text{ кг.}$$

4. Ведаючы сярэднюю велічыню рацыёну шчупакоў за сезон, на аснове правіла 10 % складзём прапорцыю і вызначым сярэдні прырост біямасы шчупакоў за сезон:

$$25 \text{ кг} — 100 \%$$
$$x \text{ кг} — 10 \%$$
$$x = 25 \cdot 10 : 100 = 2{,}5 \text{ кг.}$$

5. Ведаючы сярэдні прырост біямасы шчупакоў за сезон, вызначым гэты паказчык за год:

$$2{,}5 \cdot 4 = 10 \text{ кг.}$$

6. Ведаючы сярэдні гадавы прырост біямасы ўсіх шчупакоў і іх колькасць, вызначым сярэдні прырост біямасы аднаго шчупака:

$$10 : 20 = 0{,}5 \text{ кг.}$$

Адказ: сярэдні гадавы прырост біямасы аднаго шчупака ў возеры складае 0,5 кг.

Задача 5 (V). Прырост біямасы папуляцыі шчупакоў у возеры за лета склаў 10 кг. Колькі сонечнай энергіі паглынаў фітапланктон за месяц, калі вядома, што харчовы рацыён плоткі за лета склаў 1/5 яго прыросту, а прырост плоткі за гэты ж перыяд быў роўны палавіне рацыёну шчупакоў? У 1 кг фітапланктону змяшчаецца $6 \cdot 10^2$ ккал энергіі. У дадзеным харчовым ланцугу захоўваецца правіла 10 %.

Рашэнне

1. Складзём пашавы харчовы ланцуг:

2. На аснове правіла 10 % складзём прапорцыю і разлічым велічыню харчовага рацыёну шчупакоў за лета:

$$10 \text{ кг} — 10\ \%$$
$$x \text{ кг} — 100\ \%$$
$$x = 10 \cdot 100 : 10 = 100 \text{ кг.}$$

3. Харчовы рацыён шчупакоў за лета склаў 100 кг. Прырост плоткі за лета роўны палавіне дадзенага рацыёну. Разлічым прырост плоткі за лета:

$$100 : 2 = 50 \text{ кг.}$$

4. Прырост плоткі за лета роўны 50 кг. На аснове правіла 10 % складзём прапорцыю і разлічым велічыню харчовага рацыёну плоткі за лета:

$$50 \text{ кг} — 10\ \%$$
$$x \text{ кг} — 100\ \%$$
$$x = 50 \cdot 100 : 10 = 500 \text{ кг.}$$

5. Харчовы рацыён плоткі за лета роўны 500 кг і складаў 1/5, або 20 %, прыросту фітапланктону. Складзём прапорцыю і разлічым агульную колькасць прыросту фітапланктону ў возеры за лета:

$$500 \text{ кг} — 20\ \%$$
$$x \text{ кг} — 100\ \%$$
$$x = 500 \cdot 100 : 20 = 2500 \text{ кг.}$$

6. За лета ў возеры ўтварылася 2500 кг фітапланктону. Улічваючы, што ў 1 кг фітапланктону змяшчаецца $6 \cdot 10^2$ ккал энергіі, можна вылічыць агульную колькасць сонечнай энергіі, якая паглынаецца фітапланктонам за лета:

$$6 \cdot 10^2 \text{ ккал/кг} \cdot 2500 \text{ кг} = 15 \cdot 10^5 \text{ ккал.}$$

7. За лета фітапланктон паглынуў $15 \cdot 10^5$ ккал сонечнай энергіі. Каб вызначыць колькасць энергіі, якая паглынаецца фітапланктонам за месяц, падзелім атрыманую велічыню на 3:

$$15 \cdot 10^5 \text{ ккал} : 3 = 5 \cdot 10^5 \text{ ккал.}$$

Адказ: за месяц фітапланктон паглынаў $5 \cdot 10^5$ ккал сонечнай энергіі.

Дадатак В

Рашэнне задач на балансавую роўнасць у экасістэме

Пры рашэнні задач на балансавую роўнасць у экасістэме выкарыстоўваюцца наступныя скарачэнні: ВПП — валавая першасная прадукцыя (уся прадукцыя, створаная прадуцэнтамі ў выніку фотасінтэзу); ТД — траты на дыханне (прадукцыя, якая затрачваецца арганізмамі кожнага трафічнага ўзроўню на падтрыманне працэсаў жыццядзейнасці); ЧПП — чыстая першасная прадукцыя (прадукцыя прадуцэнтаў, якая можа быць з'едзена кансументамі I парадку); К — корм (прадукцыя, якая спажываецца арганізмамі наступнага трафічнага ўзроўню); ДрП — другасная прадукцыя (прадукцыя, створаная гетэратрофнымі арганізмамі з арганічнага рэчыва корму пасля яго частковага расшчаплення); НП — нявыкарыстаная прадукцыя (прадукцыя, якая застаецца на трафічным узроўні ў якасці запасу); ЧПЗ — чыстая прадукцыя згуртавання (сукупнасць нявыкарыстанай прадукцыі на ўсіх трафічных узроўнях, якая можа быць выкарыстана для развіцця экасістэмы або ўзята чалавекам без страты для яе).

Пры рашэнні задач на балансавую роўнасць трэба ўлічваць заканамернасці размеркавання відаў прадукцыі ў экасістэме, якія можна прадставіць у выглядзе наступных сімвалічных ураўненняў:

1) $ВПП = ТД_I + ЧПП$;
2) $ЧПП = НП_I + К_{II}$;
3) $К_{II} = ТД_{II} + ДрП_{II}$;
4) $ДрП_{II} = НП_{II} + К_{III}$ і г. д.;
5) $ЧПЗ = НП_I + НП_{II} + ... + НП_n$.

Рымская лічба ў падрадковым індэксе абазначае нумар трафічнага ўзроўню ў харчовым ланцугу.

Задача 1 (I). Межы колькасці папуляцыі казуль у лесе складаюць 20—200 асобін. Вядома, што гадавы аб'ём чыстай першаснай прадукцыі роўны 20 т/год, на корм казулям прыгодна ў сярэднім 25 % расліннай біямасы, а рацыён адной асобіны складае 500 кг/год. Ці зможа папуляцыя самастойна захаваць сваю колькасць або ёй спатрэбіцца дапамога чалавека?

Рашэнне

1. Ведаючы гадавы аб'ём ЧПП, складзём прапорцыю і вызначым аб'ём ЧПП, прыгоднай на корм казулям:

20 т — 100 %
x т — 25 %
$x = 20 \cdot 25 : 100 = 5$ т.

2. Ведаючы рацыён адной асобіны, вызначым, колькі казуль зможа пракарміцца за кошт прыгоднай на корм ЧПП, тоны корму перавядзём у кілаграмы:

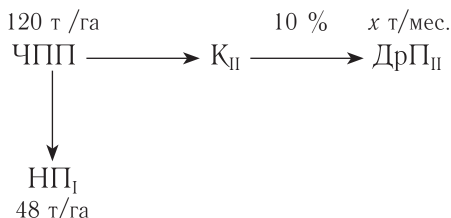
$$5000 : 500 = 10 \text{ казуль.}$$

Адказ: за кошт чыстай першаснай прадукцыі лесу зможа пракарміцца толькі 10 казуль, а гэта ніжэй ніжняй мяжы колькасці папуляцыі. Значыць, у гэтым лесе казулі не змогуць існаваць самастойна, ім спатрэбіцца дапамога чалавека ў выглядзе дадатковай падкормкі.

Задача 2 (II). У Чорным моры прырост чыстай першаснай прадукцыі фітапланктону за год склаў 120 т/га. Якую колькасць другаснай прадукцыі ў месяц на 1 га маглі ўтварыць кансументы I парадку, калі нявыкарыстаная першасная прадукцыя склала 48 т/га за год, а эфектыўнасць засваення першаснай прадукцыі была роўна 10 %?

Рашэнне

1. Складзём схему размеркавання гадавой ЧПП у экасістэме:



2. Ведаючы колькасць ЧПП і НП, вызначым, якая колькасць ЧПП была выкарыстана кансументамі I парадку ў якасці корму за год:

$$120 - 48 = 72 \text{ т/га.}$$

3. Ведаючы эфектыўнасць засваення корму кансументамі I парадку, складзём прапорцыю і вызначым гадавы прырост другаснай прадукцыі:

$$72 \text{ т/га} — 100 \ \%$$
$$x \text{ т/га} — 10 \ \%$$
$$x = 72 \cdot 10 : 100 = 7{,}2 \text{ т/га.}$$

4. Ведаючы гадавы прырост другаснай прадукцыі, падзелім дадзеную велічыню на 12 і атрымаем колькасць другаснай прадукцыі за месяц:

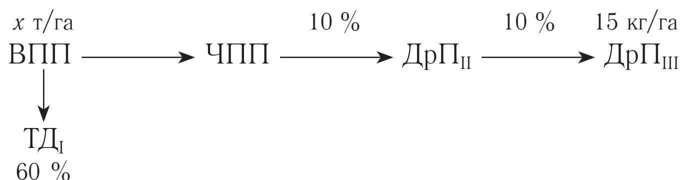
$$7{,}2 : 12 = 0{,}6 \text{ т/га.}$$

Адказ: кансументы I парадку штомесяц маглі ўтвараць 0,6 т/га другаснай прадукцыі.

Задача 3 (III). Валавой першаснай прадукцыі на 1 га ў год у лесе ўтвараецца на 400 кг больш, чым на лузе. Чаму роўна валавая першасная прадукцыя ў лесе, калі траты на дыханне ў прадуцэнтаў лугу складаюць 60 %, а другасная прадукцыя кансументаў II парадку на лузе роўна 15 кг/га ў год? Пераход біямасы паміж трафічнымі ўзроўнямі складае 10 %.

Рашэнне

1. Складзём схему размеркавання ВПП у экасістэме лугу:



2. Ведаючы колькасць ДрП кансументаў II парадку лугу, складзём прапорцыю і вызначым колькасць ДрП кансументаў I парадку:

15 кг/га — 10 %
x кг/га — 100 %
$x = 15 \cdot 100 : 10 = 150$ кг/га.

3. Ведаючы колькасць ДрП кансументаў I парадку лугу, складзём прапорцыю і вызначым колькасць ЧПП на лузе:

150 кг/га — 10 %
x кг/га — 100 %
$x = 150 \cdot 100 : 10 = 1500$ кг/га.

4. Ведаючы працэнт ТД у прадуцэнтаў лугу, вызначым працэнт ЧПП ад ВПП на лузе:

100 % − 60 % = 40 %.

5. Ведаючы колькасць ЧПП на лузе, складзём прапорцыю і вызначым колькасць ВПП на лузе:

1500 кг/га — 40 %
x кг/га — 100 %
$x = 1500 \cdot 100 : 40 = 3750$ кг/га.

6. Ведаючы колькасць ВПП на лузе, вызначым колькасць ВПП у лесе, улічваючы, што колькасць ВПП на лузе на 400 кг менш за такую ў лесе:

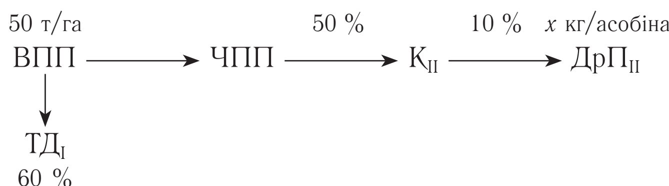
3750 + 400 = 4150 кг/га = 4,15 т/га.

Адказ: валавая першасная прадукцыя ў лесе роўна 4,15 т/га ў год.

Задача 4 (IV). Валавая першасная прадукцыя на пшанічным полі плошчай 10 га складала 50 т/га ў год. Доля зерня ў чыстай першаснай прадукцыі складала 50 %, а траты на дыханне ў прадуцэнтаў былі роўны 60 %. Пераход біямасы з аднаго трафічнага ўзроўню на другі складаў 10 %. Атрыманае зерне выкарысталі як складальную корму 100 свіней. Чаму роўны сярэдні прырост другаснай прадукцыі на адну жывёлу за кошт гэтай часткі корму?

Рашэнне

1. Складзём схему размеркавання ВПП у экасістэме:



2. Ведаючы ВПП на 1 га ў год і плошчу ўсяго поля, вызначым агульную ВПП за год:

$$50 \cdot 10 = 500 \text{ т.}$$

3. Ведаючы працэнт ТД, вызначым працэнт ЧПП ад ВПП:

$$100\ \% - 60\ \% = 40\ \%.$$

4. Ведаючы ВПП і працэнт ЧПП, складзём прапорцыю і вызначым ЧПП за год:

$$500 \text{ т} — 100\ \%$$
$$x \text{ кг} — 40\ \%$$
$$x = 500 \cdot 40 : 100 = 200 \text{ т.}$$

5. Ведаючы, што зерне, выкарыстанае для корму свіней, склала 50 % ад ЧПП, складзём прапорцыю і вызначым колькасць корму:

$$200 \text{ т} — 100\ \%$$
$$x \text{ т} — 50\ \%$$
$$x = 200 \cdot 50 : 100 = 100 \text{ т.}$$

6. Ведаючы колькасць корму, складзём прапорцыю і вызначым агульны прырост другаснай прадукцыі ўсяго пагалоўя свіней:

$$100 \text{ т} — 100\ \%$$
$$x \text{ т} — 10\ \%$$
$$x = 100 \cdot 10 : 100 = 10 \text{ т.}$$

7. Ведаючы ўсё пагалоўе свіней і агульны прырост іх другаснай прадукцыі, разлічым сярэдні прырост другаснай прадукцыі на адну жывёлу:

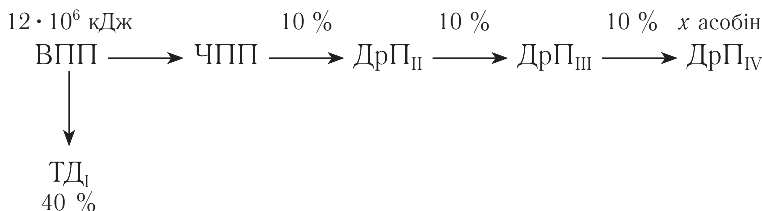
$$10 \text{ т} : 100 = 0{,}1 \text{ т} = 100 \text{ кг}.$$

Адказ: сярэдні прырост другаснай прадукцыі на адну жывёлу складзе 100 кг.

Задача 5 (V). Валавая першасная прадукцыя ў шыракалістым лесе назапашвае да $12 \cdot 10^6$ кДж энергіі на 1 га ў год. У 1 кг біямасы прадуцэнтаў змяшчаецца 480 кДж энергіі. Плошча лесу роўна 1000 га, траты на дыханне ў прадуцэнтаў складаюць 40 %, а пераход біямасы з аднаго трафічнага ўзроўню на другі роўны 10 %. Колькі асобін драпежнікаў II парадку ў год зможа пракарміцца за кошт гэтай прадукцыі, калі маса спажываемага корму на адну асобіну складае ў сярэднім 250 кг?

Рашэнне

1. Складзём схему размеркавання ВПП у экасістэме:



2. Ведаючы колькасць энергіі ў 1 кг біямасы прадуцэнтаў, пяройдзем ад энергіі прадуцэнтаў да іх біямасы:

$$12 \cdot 10^6 \text{ кДж/га} : 480 \text{ кДж/кг} = 25\,000 \text{ кг/га} = 25 \text{ т/га}.$$

3. Ведаючы колькасць ВПП на 1 га лесу, вызначым аб'ём ВПП на ўсёй плошчы лесу:

$$25 \cdot 1000 = 25\,000 \text{ т}.$$

4. Ведаючы працэнт ТД, вызначым працэнт ЧПП:

$$100 \% - 40 \% = 60 \%.$$

5. Ведаючы працэнт ЧПП, складзём прапорцыю і вызначым колькасць ЧПП:

$$25\,000 \text{ т} — 100 \%$$
$$x \text{ т} — 60 \%$$
$$x = 25\,000 \cdot 60 : 100 = 15\,000 \text{ т}.$$

6. Ведаючы колькасць ЧПП, складзём прапорцыю і вызначым колькасць ДрП раслінаедных жывёл:

15 000 т — 100 %
x т — 10 %
$x = 15\,000 \cdot 10 : 100 = 1500$ т.

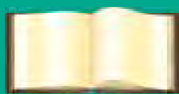
7. Ведаючы колькасць ДрП раслінаедных жывёл, складзём прапорцыю і вызначым колькасць ДрП драпежнікаў I парадку, якія з'яўляюцца кормам для драпежнікаў II парадку:

1500 т — 100 %
x т — 10 %
$x = 1500 \cdot 10 : 100 = 150$ т.

8. Ведаючы колькасць корму, які спажываецца адной асобінай драпежнікаў II парадку, і ўвесь аб'ём іх корму, вызначым колькасць драпежнікаў II парадку, здольных пракарміцца за кошт гэтага корму (перавядзём тоны ў кілаграмы):

150 000 кг : 250 кг = 600 асобін.

Адказ: у шыракалістым лесе зможа пракарміцца 600 асобін драпежнікаў II парадку.



Слоўнік асноўных тэрмінаў і паняццяў

Абіятычныя фактары (ад грэч. *a* — адмаўленне, *biōticós* — жывы, жыццёвы) — элементы нежывой прыроды, якія прама або ўскосна ўплываюць на арганізм і выклікаюць у яго адказную рэакцыю.

Аграэкасістэмы (ад грэч. *agrós* — поле і *экасістэма*) — штучныя экасістэмы, якія ствараюцца і выкарыстоўваюцца чалавекам для атрымання сельскагаспадарчай прадукцыі або адпачынку.

Адаптацыя (ад лац. *adaptatio* — прыладжванне, прыстасаванне) — прыкмета або комплекс прыкмет, якія забяспечваюць выжыванне і размнажэнне арганізмаў у канрэтным асяроддзі пражывання.

Алагенез (ад грэч. *állos* — другі, іншы, *génesis* — паходжанне, узнікненне) — шлях развіцця прыватных адаптацый, якія не змяняюць узровень арганізацыі асобін і дазваляюць ім больш поўна засяліць асяроддзе пражывання.

Аналагічныя органы (ад грэч. *analogía* — адпаведнаць, падабенства) — органы, якія маюць рознае паходжанне і неаднолькавы план будовы, але выконваюць аднолькавыя функцыі і валодаюць знешнім падабенствам.

Антрапагенныя фактары (ад грэч. *ánthropōs* — чалавек, *génesis* — паходжанне) — разнастайныя віды дзейнасці чалавека, якія ўплываюць як на самі арганізмы, так і на іх месцапражыванні.

Антыграмадскія паводзіны — учынкі асобы або груп людзей, якія парушаюць афіцыйна ўстаноўленыя ў грамадстве прававыя нормы.

Апустыньванне — сукупнасць працэсаў, якія прыводзяць да страты прыродным згуртаваннем суцэльнага расліннага покрыва з немагчымасцю яго аднаўлення без удзелу чалавека.

Арагенез (ад грэч. *áirō* — падымаю, *génesis* — паходжанне, узнікненне) — эвалюцыйны шлях развіцця адаптацый шырокага значэння, якія павышаюць узровень арганізацыі асобін і іх прыстасаванаць да розных асяроддзяў пражывання да такой ступені, што гэта дазваляе ім перайсці ў новае асяроддзе жыцця (напрыклад, з воднага асяроддзя ў наземна-паветранае).

Арэал (ад лац. *area* — плошча, прастора) — частка зямной паверхні, у межах якой распаўсюджаны і праходзяць поўны цыкл развіцця асобіны дадзенага віду.

Асяроддзе жыцця — частка прыроды з асобым комплексам фактараў, для існавання ў якой у розных сістэматычных груп арганізмаў сфарміраваліся падобныя адаптацыі.

Асяроддзе пражывання — частка прыроды, якая акружае арганізм і з якой ён непасрэдна ўзаемадзейнічае на працягу ўсяго жыццёвага цыкла.

Атавізмы (ад лац. *atavus* — продак) — прыкметы аддаленых продкаў, якія з'яўляюцца ў некаторых сучасных арганізмаў як адхіленне ад нормы.

Ахова прыроды — сукупнасць міжнародных, дзяржаўных і рэгіянальных мерапрыемстваў для захавання, рацыянальнага выкарыстання і аднаўлення прыроды Зямлі ў інтарэсах людзей, якія жывуць цяпер, і будучых пакаленняў.

Аэрацыя (ад грэч. *aḗr* — паветра) — забеспячэнне (насычэнне) асяроддзя паветрам.

Аэрэнхіма (ад грэч. *aḗr* — паветра, *énchyma* — тканка) — тканка, якая назапашвае паветра ў вялікіх міжклетніках у водных і балотных раслін.

Бактэрыяфагі — група вірусаў, якія пашкоджваюць бактэрыяльныя клеткі.

Барацьба за існаванне — сукупнасць разнастайных і складаных узаемадзеянняў арганізмаў паміж сабой і з навакольнымі ўмовамі знешняга асяроддзя, якая прыводзіць у прыродзе да натуральнага адбору.

Бентас (ад грэч. *bénthos* — глыбіня) — арганізмы, якія пражываюць на дне вадаёма або ў тоўшчы доннага грунту.

Біягеацэноз (ад грэч. *bíos* — жыццё, *gḗ* — Зямля, *koinós* — агульны) — гістарычна складзеная сукупнасць жывых (біяцэноз) і нежывых (біятоп) кампанентаў аднароднага ўчастка сушы, дзе адбываецца кругаварот рэчываў і ператварэнне энергіі.

Біялагічная сістэма (біясістэма) — біялагічны аб'ект, які складаецца з узаемазвязаных і ўзаемадзейных элементаў і валодае здольнасцю да развіцця, самаўзнаўлення і прыстасавання да асяроддзя.

Біялагічная эвалюцыя — паступальны накіраваны гістарычны працэс змянення жывых арганізмаў і іх згуртаванняў.

Біялагічны прагрэс (ад лац. *progressus* — рух наперад) — напрамак эвалюцыі, які характарызуецца павышэннем прыстасаванасці арганізмаў пэўнай сістэматычнай групы да навакольнага асяроддзя.

Біялагічны рэгрэс (ад лац. *regressus* — вяртанне, рух назад) — напрамак эвалюцыі, які характарызуецца зніжэннем прыстасаванасці арганізмаў пэўнай сістэматычнай групы да ўмоў пражывання.

Біямаса экасістэмы — агульная колькасць арганічнага рэчыва ўсіх жывых арганізмаў, якое назапасілася ў дадзенай экасістэме за ранейшы перыяд яе існавання.

Біясфера (ад грэч. *bíos* — жыццё, *spháira* — шар) — абалонка Зямлі, створаная жывымі арганізмамі ў выніку жыццядзейнасці і заселеная імі.

Біятоп (ад грэч. *bíos* — жыццё, *tópos* — месца) — участак тэрыторыі з аднароднымі ўмовамі асяроддзя.

Біятычныя фактары (ад грэч. *bioticós* — жывы, жыццёвы) — элементы жывой прыроды (жывыя арганізмы), якія ўплываюць на пэўны арганізм і выклікаюць у яго адказную рэакцыю.

Біяцэноз (ад грэч. *bíos* — жыццё, *koinós* — агульны) — гістарычна складзеная сукупнасць узаемазвязаных папуляцый раслін, жывёл, грыбоў і мікраарганізмаў, якія насяляюць экалагічна аднароднае асяроддзе пражывання.

Від — гістарычна складзеная сукупнасць асобін, якія падобны па марфалагічных, фізіялагічных і біяхімічных прыкметах, свабодна скрыжоўваюцца і даюць пладавітае патомства, прыстасаваны да пэўных умоў асяроддзя і займаюць у прыродзе агульную тэрыторыю — арэал.

Відавая насычанасць — колькасць відаў, якія прыходзяцца на адзінку плошчы або на адзінку аб'ёму біятопа.

Відавое багацце — агульная колькасць відаў, якія пражываюць у пэўным біятопе.

Відаўтварэнне — эвалюцыйны працэс ператварэння генетычна адкрытых сістэм — папуляцый у генетычна закрытыя сістэмы — новыя віды.

Віды-эдыфікатары — віды расліннага згуртавання з моцна выражанай асяроддзеўтваральнай здольнасцю, якія вызначаюць асноўныя ўмовы існавання іншых арганізмаў у гэтым згуртаванні.

Віроід — інфекцыйны агент, што ўяўляе сабой нізкамалекулярную кальцавую адналанцуговую малекулу РНК, якая не нясе інфармацыю аб бялковых малекулах.

Вірыён — цалкам сфарміраваная вірусная часціца, здольная да інфіцыравання клеткі-гаспадара.

Гамалагічныя органы (ад грэч. *homologia* — адпаведнасць) — органы, якія незалежна ад выконваемых функцый маюць агульны план будовы і развіваюцца з адных і тых жа зачаткаў у ходзе эмбрыянальнага развіцця.

Гамаятэрмныя арганізмы (ад грэч. *hómoios* — аднолькавы, падобны, *thérmē* — цяпло) — арганізмы, здольныя падтрымліваць адносна пастаянную тэмпературу цела пры змяненні тэмпературы навакольнага асяроддзя.

Гіграфіты (ад грэч. *hygrós* — вільготны, *phytón* — расліна) — расліны, якія жывуць на моцна ўвільготненых глебах і пры высокай вільготнасці паветра.

Гідрабіёнты (ад грэч. *hýdor* — вада, *bíos* — жыццё) — арганізмы, якія пражываюць у водным асяроддзі.

Гідрасфера (ад грэч. *hýdor* — вада, *sphaíra* — шар) — водная абалонка Зямлі, якая ўключае ўсе водныя запасы планеты.

Гідрафіты (ад грэч. *hýdor* — вада, *phytón* — расліна) — расліны, якія жывуць у водным асяроддзі.

Другасная прадукцыя — біямаса, створаная гетэратрофнымі арганізмамі (кансументамі і рэдуцэнтамі) з арганічнага рэчыва пасля частковага расшчаплення.

Дрэйф генаў — выпадковае, якое не падлягае заканамернасцям, змяненне частаты сустракаемасці генаў у генафондзе папуляцыі.

Дывергенцыя (ад лац. *divergo* — адхіляюся, адыходжу) — разыходжанне прыкмет у роднасных арганізмаў або груп, якія жывуць у розных экалагічных умовах.

Дэтрыт (ад лац. *detritus* — сцёрты) — мёртвае арганічнае рэчыва, якое ўзнікла ў выніку жыццядзейнасці або гібелі арганізмаў.

Дэтрытныя ланцугі харчавання — харчовыя ланцугі, якія пачынаюцца з дэтрыту, уключаюць дэтрытафагаў і рэдуцэнтаў і заканчваюцца мінеральнымі рэчывамі.

Ёмістасць асяроддзя — максімальная колькасць папуляцыі, якая вызначаецца магчымасцю асяроддзя забяспечыць яе неабходнымі рэсурсамі для існавання.

Жывое рэчыва — сукупнасць усіх жывых арганізмаў на Зямлі з іх здольнасцю да размнажэння і распаўсюджвання на планеце, да барацьбы за ежу, ваду, тэрыторыю, паветра.

Забруджванне навакольнага асяроддзя — паступленне ў асяроддзе новых, нехарактэрных для яго цвёрдых, вадкіх і газападобных рэчываў або перавышэнне іх натуральнага ўзроўню ў навакольным асяроддзі, якое аказвае негатыўны ўплыў на біясферу.

Заказнік — ахоўная тэрыторыя, на якой пастаянна або часова забаронены асобныя віды гаспадарчай дзейнасці чалавека (рыбалоўства, паляванне, сенакос).

Запаведнік — асабліва ахоўваемая дзяржавай тэрыторыя, цалкам выключаная з гаспадарчай дзейнасці чалавека.

Згуртаванне — любая сукупнасць папуляцый розных відаў, якія ўзаемадзейнічаюць паміж сабой і існуюць у агульным асяроддзі.

Зоацэноз (ад грэч. *zṓon* — жывёла, *koinós* — агульны) — сукупнасць папуляцый жывёл, якія насяляюць пэўны біятоп.

Зона нармальнай жыццядзейнасці, або зона нормы, — дыяпазоны сілы ўздзеяння фактару (іх два), у межах якіх назіраецца ўмераны рост і развіццё арганізма, але яго размнажэнне недастаткова эфектыўнае.

Зона оптымуму (ад лац. *optimus* — найлепшы) — дыяпазон сілы ўздзеяння фактару, у межах якога арганізм праяўляе максімальную жыццядзейнасць, назіраецца яго актыўны рост, развіццё і эфектыўнае размнажэнне.

Зона песімуму (ад лац. *pessimum* — прыносіць шкоду), **або зона прыгнятання,** — дыяпазоны сілы ўздзеяння фактару (іх два), у межах якіх жыццядзей-

насць арганізма настолькі зніжана, што немагчымы яго рост і развіццё, але захоўваецца магчымасць для існавання.

Ізаляцыя — гэта наяўнасць бар'ераў, якія перашкаджаюць свабоднаму скрыжаванню асобін (панміксіі), у выніку чаго зыходная папуляцыя падзяляецца на некалькі папуляцый.

Камензалізм (ад лац. *commensalis* — сутрапезнік) — тып узаемаадносін, пры якім папуляцыя аднаго віду атрымлівае карысць, не прыносячы ні шкоды, ні карысці папуляцыі іншага віду.

Канвергенцыя (ад лац. *convergo* — набліжаюся, сыходжуся) — незалежнае развіццё падобных прыкмет (сыходжанне прыкмет) у няродпасных арганізмаў або іх груп, якія жывуць у аднолькавым асяроддзі.

Канкурэнцыя (ад лац. *concurrentia* — саперніцтва) — узаеманявыгадны тып узаемаадносін паміж відамі з падобнымі патрэбамі.

Кансументы (ад лац. *consumo* — спажываю), або **спажыўцы**, — гетэратрофныя арганізмы, якія спажываюць жывое арганічнае рэчыва і перадаюць змешчаную ў ім энергію па харчовых ланцугах.

Касмапаліты (ад грэч. *cosmopolités* — грамадзянін свету) — віды, якія маюць вялікі арэал распаўсюджвання ў межах розных кантынентаў.

Катагенез (ад грэч. *kata-* — прыстаўка, якая абазначае рух зверху ўніз, *génesis* — паходжанне, узнікненне) — асобы шлях эвалюцыі ў больш простым асяроддзі, які суправаджаецца рэдукцыяй асобных сістэм органаў з адначасовым павышэннем эфектыўнасці рэпрадуктыўнай сістэмы.

Класіфікацыя арганізмаў — умоўнае размеркаванне ўсёй сукупнасці жывых арганізмаў па іерархічна падпарадкаваных групах у адпаведнасці з якімі-небудзь агульнымі прыкметамі.

Кругаварот рэчываў — цыклічны, шматразова паўтаральны працэс сумеснага, узаемазвязанага ператварэння і перамяшчэння рэчываў.

Крытэрый віду — сукупнасць характэрных аднатыпных прыкмет, па якіх асобіны аднаго віду падобны, а асобіны розных відаў адрозніваюцца.

Ксерафіты (ад грэч. *xērós* — сухі, *phytón* — расліна) — расліны, якія прыстасаваліся да жыцця ў засушлівых месцах (стэпах, пустынях, паўпустынях, саваннах, высакагор'ях).

Ланцуг харчавання (харчовы ланцуг) — лінейная паслядоўнасць арганізмаў, у якой адбываецца паэтапны перанос рэчыва і энергіі ад крыніцы (папярэдняга звяна) да спажыўца (наступнага звяна).

Лімітуючы (абмежавальны) фактар — фактар, які найбольш адхіліўся ад свайго аптымальнага значэння ў параўнанні з іншымі фактарамі і вызначае ўзровень жыццядзейнасці арганізма ў дадзеным асяроддзі.

Межы трываласці, або **межы талерантнасці** (ад лац. *tolerantia* — цярпенне, вынослівасць), — дыяпазон сілы ўздзеяння фактару, у якім магчыма жыццядзейнасць арганізма.

Мезафіты (ад грэч. *mésos* — сярэдні, прамежкавы, *phytón* — расліна) — расліны, якія жывуць ва ўмовах умеранага ўвільгатнення.

Метадычны адбор — мэтанакіраванае вывядзенне чалавекам парод жывёл або сартоў раслін.

Мікацэноз (ад грэч. *mýkēs* — грыб, *koinós* — агульны) — згуртаванне розных відаў грыбоў.

Мікробацэноз (ад грэч. *micrós* — малы, *koinós* — агульны) — сукупнасць папуляцый мікраарганізмаў (бактэрый, пратыстаў) і вірусаў.

Мутуалізм (ад лац. *mutuus* — узаемны) — узаемавыгадны і абавязковы для жыцця хаця б адной з папуляцый тып узаемаадносін.

Наасфера (сфера розуму) — вышэйшая стадыя развіцця біясферы, пры якой разумная дзейнасць чалавецтва становіцца галоўнай рухаючай сілай яе развіцця.

Навакольнае асяроддзе — сукупнасць усіх прыродных цел, сіл і з'яў на планеце Зямля, у якой існуе жыццё.

Навучанне — прыстасавальнае змяненне паводзін у выніку папярэдняга вопыту, за кошт чаго дасягаецца індывідуальнае прыстасаванне жывых арганізмаў да асяроддзя пражывання.

Натуральны адбор (паводле Дарвіна) — працэс выжывання і размнажэння найбольш прыстасаваных да ўмоў асяроддзя асобін і гібель менш прыстасаваных.

Натуральны адбор (паводле сінтэтычнай тэорыі эвалюцыі) — накіраваны гістарычны працэс дыферэнцыяцыі (выбіральнага захавання) фенатыпаў і аднаўлення адаптыўных генатыпаў у папуляцыях.

Нацыянальны парк — вялікі ахоўны ўчастак тэрыторыі, на якім размешчаны прыродныя комплексы, што ўяўляюць гістарычную, экалагічную і культурную каштоўнасць.

Нейстон (ад грэч. *neustós* — які плавае) — арганізмы, якія звязаны з паверхневай плёнкай вады і жывуць пастаянна або часова на гэтай плёнцы або да 5 см углыб ад яе паверхні.

Нектон (ад грэч. *nēktós* — які плыве) — арганізмы, якія жывуць у тоўшчы вады і вядуць актыўны спосаб жыцця.

Нявызначаная (індывідуальная) зменлівасць — з'яўленне ў асобна ўзятай асобіны ў межах аднаго сорту, пароды, віду новай прыкметы, якая не сустракалася ў бацькоў.

Пайкілатэрмныя арганізмы (ад грэч. *poikílos* — зменлівы, *thérmē* — цяпло) — арганізмы, тэмпература цела якіх непастаянная і змяняецца разам з тэмпературай навакольнага асяроддзя.

Папуляцыйныя хвалі (хвалі жыцця) — больш або менш рэгулярныя ваганні колькасці, якія выпадкова змяняюць частату сустракальнасці генаў і мутацый у папуляцыях.

Папуляцыя — здольная да самарэгуляцыі група асобін аднаго віду, якія жывуць на агульнай тэрыторыі, свабодна скрыжоўваюцца паміж сабой і даюць пладавітае патомства.

Паразіты — арганізмы, якія жывуць за кошт асобін іншага віду, будучы цесна звязаныя з імі ў сваім жыццёвым цыкле на большай або меншай яго працягласці.

Паразітызм (ад грэч. *parásitos* — нахлебнік) — тып узаемаадносін папуляцый розных відаў, з якіх адна папуляцыя (паразіт) выкарыстоўвае другую (гаспадара) у якасці асяроддзя і крыніцы ежы.

Паток генаў — выпадковы абмен генамі паміж папуляцыямі аднаго віду ў выніку міграцыі асобін.

Пашавыя ланцугі харчавання — харчовыя ланцугі, якія пачынаюцца з прадуцэнтаў і ўключаюць кансументаў розных парадкаў.

Першасная прадукцыя — біямаса, створаная аўтатрофнымі арганізмамі (прадуцэнтамі) з мінеральнага рэчыва ў працэсе фота- або хемасінтэзу.

Планктон (ад грэч. *planktós* — які лунае, блукае) — арганізмы, якія жывуць у тоўшчы вады і пасіўна перамяшчаюцца пад уздзеяннем яе плыні.

Помнік прыроды — асобны ахоўны прыродны аб'ект жывой або нежывой прыроды, унікальны ў навуковых, культурных, гісторыка-мемарыяльных або эстэтычных адносінах.

Прадукцыя экасістэмы — колькасць біямасы, якая ўтвараецца ў экасістэме на адзінцы плошчы або ў адзінцы аб'ёму біятопа за адзінку часу.

Прадуцэнты (ад лац. *producens* — які стварае), або **вытворцы**, — аўтатрофныя арганізмы, якія сінтэзуюць арганічнае рэчыва з мінеральнага з выкарыстаннем энергіі.

Прыстасаванасць — сукупнасць адаптацый (асаблівасцей знешняй і ўнутранай будовы і паводзін арганізма), якія забяспечваюць для дадзенага віду перавагі ў выжыванні і нараджэнні патомства пры пэўных умовах асяроддзя.

Пэўная (групавая) зменлівасць — з'яўленне аднолькавых прыкмет ва ўсіх асобін і іх патомства пад уздзеяннем зmeненага фактару асяроддзя.

Разумовая дзейнасць — здольнасць да выканання адаптыўнага паводзінскага акта ў наяўнай сітуацыі.

Рацыянальнае прыродакарыстанне — тып узаемаадносін чалавека з навакольным асяроддзем, пры якім чалавек здольны разумна асвойваць прыродныя рэсурсы і папярэджваць негатыўныя вынікі сваёй дзейнасці.

Рудыменты (ад лац. *rudimentum* — зачатак) — недаразвітыя органы сучасных арганізмаў, якія былі добра развіты ў іх продкаў.

Рэдуцэнты (ад лац. *reducens* — які вяртаецца), або **разбуральнікі**, — гетэратрофныя арганізмы, якія разбураюць мёртвае арганічнае рэчыва любога паходжання да мінеральнага.

Рэзерват — невялікая прыродная ахоўная тэрыторыя, створаная для аховы аднаго з элементаў прыроднага комплексу.

Рэліктавыя віды (ад лац. *relictum* — астатак) — жывыя арганізмы, якія захаваліся ў сучаснай біёце або ў пэўным рэгіёне як астатак продкавай групы.

Сацыяльнае асяроддзе — канкрэтныя грамадскія адносіны, традыцыі, маральныя і прававыя ўстаноўкі, пры якіх нараджаецца і жыве чалавек.

Сацыяльная іерархія — сістэма сувязей паміж членамі групы ў выглядзе супадпарадкавання асобін адна другой.

Сімбіёз (ад грэч. *symbiōsis* — сумеснае жыццё) — працяглае сумеснае жыццё папуляцый двух або некалькіх відаў, якія маюць узаемную або аднабаковую карысць.

Склерафіты (ад грэч. *sclērós* — цвёрды, *phytón* — расліна) — расліны са зніжанай транспірацыяй і здольнасцю актыўна здабываць ваду пры яе недахопе ў глебе.

Стэнабіёнты (ад грэч. *stenós* — вузкі, *bíos* — жыццё) — віды арганізмаў, якія маюць вузкія межы талерантнасці і здольны існаваць на невялікіх тэрыторыях з адносна пастаяннымі ўмовамі асяроддзя.

Суадносная (карэлятыўная) зменлівасць — змяненне якога-небудзь аднаго органа або часткі цела ўслед за змяненнем іншых частак арганізма.

Сукуленты (ад лац. *succulentus* — сакавіты) — шматгадовыя расліны, здольныя назапашваць ваду ў сваіх тканках і органах, а затым эканомна яе расходаваць.

Сукцэсія (ад лац. *successio* — пераемнасць, наследаванне) — заканамерная, паслядоўная змена адных экасістэм другімі на пэўнай тэрыторыі пад уплывам накіраванага змянення прыродных фактараў або дзейнасці чалавека.

Таксіс (ад грэч. *táxis* — размяшчэнне) — форма прасторавай арыентацыі арганізмаў у адносінах да крыніцы раздражнення.

Тапічныя сувязі (ад грэч. *tópos* — месца) — сувязі паміж папуляцыямі, калі асобіны адной папуляцыі выкарыстоўваюць асобін другой папуляцыі ў якасці месцапражывання або адчуваюць іх уплыў на сваё асяроддзе пражывання.

Трафічны ўзровень — сукупнасць арганізмаў, якія ў залежнасці ад спосабу іх харчавання і віду корму складаюць пэўнае звяно харчовага ланцуга.

Трафічныя сувязі (ад грэч. *trophḗ* — ежа) — сувязі паміж папуляцыямі, калі асобіны адной папуляцыі атрымліваюць ежу за кошт асобін другой папуляцыі.

Умовы існавання, або **ўмовы жыцця,** — комплекс экалагічных фактараў, без якіх арганізм не можа існаваць у дадзеным асяроддзі.

Фабрычныя сувязі (ад лац. *fabrico* — вырабляць) — сувязі паміж папуляцыямі, калі асобіны адной папуляцыі выкарыстоўваюць выдзяленні або рэшткі цел асобін другой папуляцыі ў якасці матэрыялу для будаўніцтва гнёздаў, нор, сховішч і інш.

Фарычныя сувязі (ад грэч. *phora* — нашэнне) — сувязі паміж папуляцыямі, калі асобіны адной папуляцыі ўдзельнічаюць у рассяленні (распаўсюджванні) асобін другой папуляцыі.

Фітацэноз (ад грэч. *phytón* — расліна, *koinós* — агульны) — расліннае згуртаванне на пэўнай тэрыторыі, якое змяняецца як па сезонах года, так і па гадах.

Фотаперыяд (ад грэч. *photós* — святло і перыяд) — працягласць светлавога дня, якая вызначае поры года.

Фотаперыядызм (ад грэч. *photós* — святло і перыяд) — характэрная рэакцыя арганізмаў на сезонныя змяненні працягласці светлавога дня, якая сінхранізуе іх біялагічную актыўнасць з порамі года.

Фотатрапізм (ад грэч. *photós* — святло, *trópos* — паварот, напрамак) — роставы рух органаў раслін пад уплывам аднабаковага асвятлення.

Чалавечая раса — гістарычна складзеная група людзей з агульнымі спадчыннымі марфалагічнымі асаблівасцямі.

Чыстая прадукцыя згуртавання — частка прадукцыі экасістэмы, якая можа быць выкарыстана ў межах самой экасістэмы для развіцця або можа быць узята чалавекам без урону для экасістэмы.

Штучны адбор — працэс выбару чалавекам найбольш каштоўных у гаспадарчых адносінах арганізмаў і выкарыстанне іх для далейшага развядзення.

Экалагічная пластычнасць, або **экалагічная валентнасць,** — уласцівасць відаў адаптавацца да таго ці іншага дыяпазону змянення сілы ўздзеяння фактараў асяроддзя.

Экалагічны крызіс — неадпаведнасць растучых маштабаў дзейнасці чалавека для задавальнення сваіх жыццёвых патрэб аднаўленчым магчымасцям прыроды.

Экалагічны максімум, або **верхняя мяжа трываласці,** — максімальнае значэнне сілы ўздзеяння фактару, пры якім спыняецца жыццядзейнасць арганізма.

Экалагічны мінімум, або **ніжняя мяжа трываласці,** — мінімальнае значэнне сілы ўздзеяння фактару, пры якім пачынаецца праяўленне жыццядзейнасці арганізма.

Экалагічны оптымум (ад лац. *optimus* — найлепшы) — канкрэтнае значэнне сілы ўздзеяння фактару, найбольш спрыяльнае для жыццядзейнасці арганізма.

Экалагічныя фактары — уласцівасці і кампаненты асяроддзя пражывання, якія ўздзейнічаюць на арганізм і выклікаюць у яго адказныя рэакцыі.

Экалогія (ад грэч. *óikos* — дом, жыллё, *lógos* — навука, вучэнне) — навука, якая вывучае біясістэмы рознага ўзроўню арганізацыі (ад арганізма да біясферы) і заканамернасці іх узаемадзеяння.

Экасістэма — любы комплекс са згуртавання жывых арганізмаў і нежывых кампанентаў асяроддзя іх пражывання, звязаных паміж сабой абменам рэчыва і энергіі.

Эндэмікі (ад грэч. *éndēmos* — мясцовы) — віды, якія маюць вельмі вузкі арэал распаўсюджвання ў межах невялікага рэгіёна.

Эрозія глебы — разбурэнне ўрадлівага слоя глебы пад уздзеяннем ветру і вады.

Эўрыбіёнты (ад грэч. *eurýs* — шырокі, *bíos* — жыццё) — віды арганізмаў, якія маюць шырокія межы талерантнасці і здольны засяляць шырокія тэрыторыі са значнымі ваганнямі ўмоў асяроддзя.

Змест

Вучэбнае выданне

Маглыш Сабіна Сцяпанаўна
Карэўскі Аляксандр Яўгеньевіч

БІЯЛОГІЯ

Вучэбны дапаможнік для 11 класа
ўстаноў агульнай сярэдняй адукацыі
з беларускай мовай навучання

2-е выданне, выпраўленае і дапоўненае

Заг. рэдакцыі *Г. А. Бабаева*. Рэдактары *А. І. Чыгрынава, Г. А. Бабаева*. Мастацкі рэдактар *Л. А. Дашкевіч*. Тэхнічнае рэдагаванне *Т. В. Свірыдзенка*. Камп'ютарная вёрстка *Г. А. Дудко, Т. В. Свірыдзенка*. Карэктары *В. С. Бабеня, А. П. Тхір, Г. В. Алешка*.

Падпісана ў друк 18.01.2016. Фармат $70 \times 90^1/_{16}$. Папера афсетная. Гарнітура літаратурная. Друк афсетны. Умоўн. друк. арк. 19,31. Ул.-выд. арк. 17,0. Тыраж 13 000 экз. Заказ .

Выдавецкае рэспубліканскае ўнітарнае
прадпрыемства «Народная асвета»
Міністэрства інфармацыі Рэспублікі Беларусь.
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы,
распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/2 ад 08.07.2013.
Пр. Пераможцаў, 11, 220004, Мінск, Рэспубліка Беларусь.

ААТ «Паліграфкамбінат імя Я. Коласа».
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы,
распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 2/3 ад 04.10.2013.
Вул. Каржанеўскага, 20, 220024, Мінск, Рэспубліка Беларусь.

(Назва і нумар установы адукацыі)

Навучальны год	Імя і прозвішча навучэнца	Стан вучэбнага дапаможніка пры атрыманні	Адзнака навучэнцу за карыстанне вучэбным дапаможнікам
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			

Маглыш, С. С.
М38 Біялогія : вучэб. дапаможнік для 11-га кл. устаноў агул. сярэд. адукацыі з беларус. мовай навучання / С. С. Маглыш, А. Я. Карэўскі ; пад рэд. С. С. Маглыш ; пер. з рус. мовы В. К. Раманцэвіч. — 2-е выд., выпр. і дап. — Мінск : Народная асвета, 2016. — 261 с. : іл.
ISBN 978-985-03-2522-8.

Першае выданне вучэбнага дапаможніка выйшла ў 2010 годзе.

УДК 57(075.3=161.3)
ББК 28.0я721